

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

С. В. Крашенинников, Н. А. Кудрявцева

Химмотология

Электронное учебное пособие

Самара
2011

УДК 662.7

Авторы: **Крашенинников Сергей Всеволодович,**
Кудрявцева Наталия Александровна

Рецензенты:

зав. кафедрой «Теоретические основы теплотехники и гидромеханики» СГТУ

Кудинов В.А.

научный руководитель НОЦ ГДИ СГАУ, д.т.н., профессор кафедры теории двигателей СГАУ

Матвеев В.Н.

Компьютерная верстка: Некрасова С.О.

Крашенинников, С. В. Химмотология [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / С. В. Крашенинников, Н. А. Кудрявцева; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. (67 Мбайт). – Самара, 2011. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Приведена теория и практика рационального использования топливо-смазывающих материалов (ТСМ) в технике. Рассматриваются параметры, характеризующие топлива ДВС, энергетические показатели топлив, свойства и ассортимент жидких топлив и присадок к ним. Обсуждаются характеристики требований, предъявляемых к моторным маслам, их классификация, а также сведения по специальным жидкостям: пусковым и охлаждающим. Учебное пособие предназначено для подготовки специалистов по специальности 140501.65 «Двигатели внутреннего сгорания» (ГОС-2), изучающих дисциплину «Химмотология» в 8 семестре; по направлению подготовки бакалавров 141100.62 «Энергетическое машиностроение» по дисциплинам «Химмотология» и «Топлива ДВС» в 8 семестре; по направлению подготовки магистров 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов», профиль «Авиационные двигатели внутреннего сгорания» (ФГОС-3) по дисциплине «Индивидуальная подготовка в области ДВС специального назначения» в А, В семестрах.

Подготовлено на кафедре теплотехники и тепловых двигателей СГАУ.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Основные понятия и определения.....	1
1.1	Введение.....	1
2	Производство ТСМ. Получение ТСМ из нефти.....	2
2.1	Краткие сведения о нефти.....	2
2.2	Классы углеводородов, входящих в состав нефти	4
2.3	Прямая перегонка нефти.....	6
2.4	Схема получения ТСМ из нефти.....	9
2.5	Вторичные процессы переработки нефти.....	11
2.6	Особенности производства смазочных материалов.....	13
2.7	Получение альтернативных моторных топлив.....	13
3	Топлива	14
3.1	Требования, предъявляемые к топливам.....	14
3.2	Энергетические показатели топлив.....	15
3.3	Свойства топлив	16
3.4	Ассортимент жидких топлив и присадки к ним.....	43
3.5	Альтернативные виды топлив.....	50
4	Моторные масла.....	53
4.1	Требования, предъявляемые к моторным маслам.....	53
4.2	Общие понятия о трении и износе.....	53
4.3	Свойства моторных масел	57
4.4	Присадки к моторным маслам	65
4.5	Старение, угар и смена моторных масел.....	70
4.6	Классификация моторных масел.....	73
4.7	Синтетические моторные масла.....	78
4.8	Выбор моторного масла.....	79
5	Специальные жидкости	81
5.1	Пусковые жидкости.....	81
5.2	Охлаждающие жидкости.....	81
	Контрольные вопросы для проверки знаний по дисциплине.....	86
	Список литературы.....	100

1. Основные понятия и определения

1.1 Введение

Химмотология – наука, изучающая теорию и практику рационального использования топливо-смазывающих материалов (ТСМ) в технике.

Химмотология устанавливает взаимосвязь ТСМ с производством, конструкцией техники и условиями её эксплуатации.

Термин «химмотология» образован от сокращения трёх слов:

химия – мотор – логос (наука).

Основателем химмотологии является российский ученый - профессор Папок К.К.

Науки, лежащие в основе химмотологии:

- химия;
- физика;
- теплотехника;
- машиноведение;
- экономика.

Основные объекты и взаимосвязи химмотологической системы

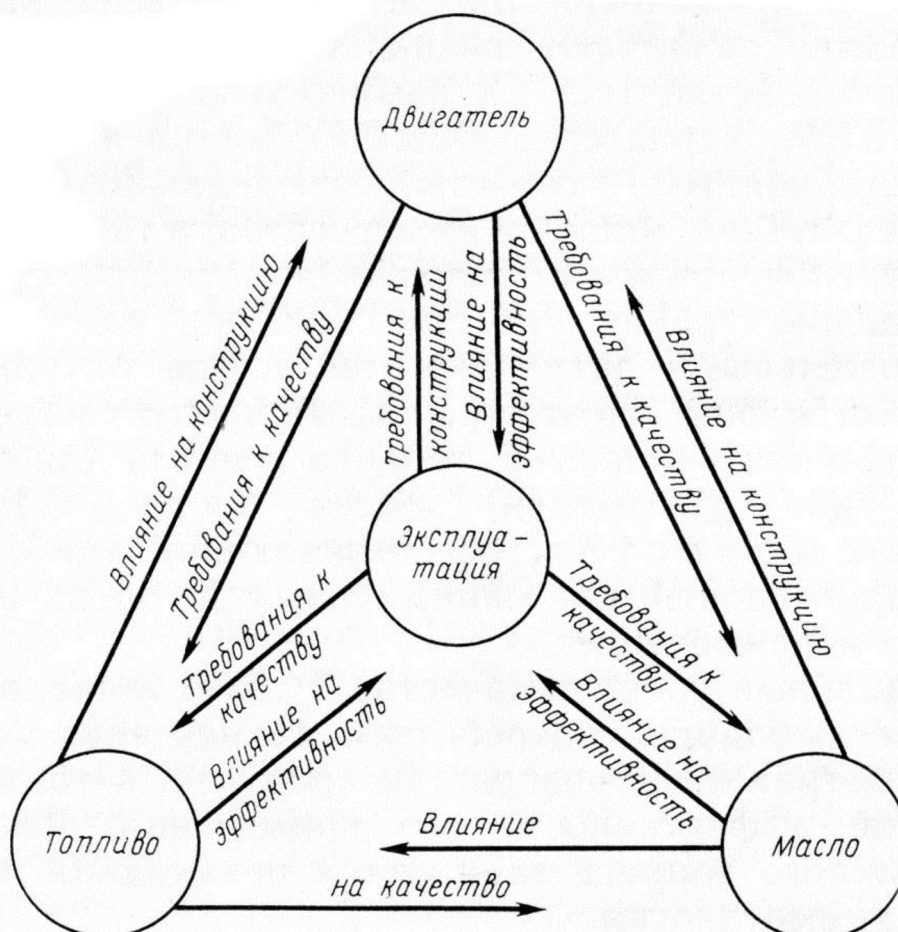


Рис. 1. Основные объекты и взаимосвязи химмотологической системы

Качество ТСМ – совокупность свойств, характеризующих пригодность ТСМ для применения.

Уровень качества ТСМ – степень пригодности и эффективности применения ТСМ.

Свойства ТСМ:

1. Физико-химические – характеризуют состав и состояние ТСМ.
2. Эксплуатационные – характеризуют работу ДВС, а также особенности транспортировки и хранения ТСМ.

Оптимальный уровень качества ТСМ – наибольшая степень пригодности ТСМ при минимальных затратах на производство и применение.

(Примечание: повышение уровня качества связано с дополнительными затратами, не всегда окупающими получаемый эффект)

Факторы, определяющие оптимальный уровень качества ТСМ:

- требования потребителя;
- технические возможности и затраты на производство;
- экономический эффект применения.

Общие требования к ТСМ:

1. Технические – соответствие уровня качества ТСМ параметрам требований.
2. Энергетические – снижение расхода энергии при производстве ТСМ и эксплуатации ДВС.
3. Экологические – отсутствие токсического воздействия ТСМ при производстве, транспортировке, хранении, применении.
4. Экономические – снижение стоимости ТСМ и обеспечение эффективности применения.
5. Ресурсные – обеспечение сырьем производства ТСМ.

2. Производство ТСМ. Получение ТСМ из нефти.

2.1 Краткие сведения о нефти

Нефть – вязкая, маслянистая жидкость темно-коричневого цвета плотностью 820...900 кг/м³; сложная смесь газов, жидких и растворенных твердых веществ (в основном углеводородов).

Химический состав нефти:

- углерод: 82...87%
- водород: 11...14%
- сера: 0,1...7%
- азот: 0,001...1,8%
- кислород: 0,05...1%

Количество молекул углерода определяет род вещества:

$C_n H_m$, где $n = 1 \dots 4$ – газы;
 5...20 – жидкие топлива;
 20...70 – масла.

Сырая нефть залегает на различных глубинах почти во всех частях света. В промышленных масштабах добывается в четырех районах:

- Ближний Восток;
- бывшие территории Советского Союза;
- Северная Америка;
- Карибский бассейн.

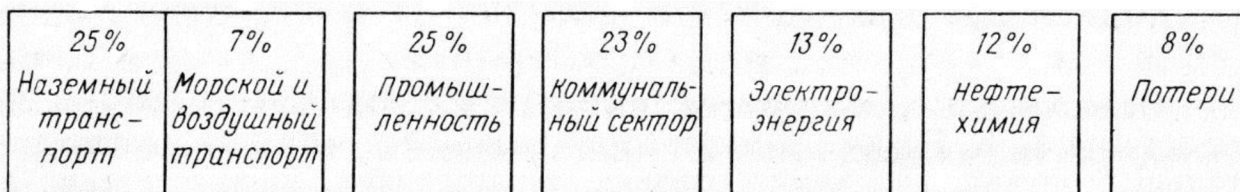


Рис. 2. Структура потребления добываемой нефти

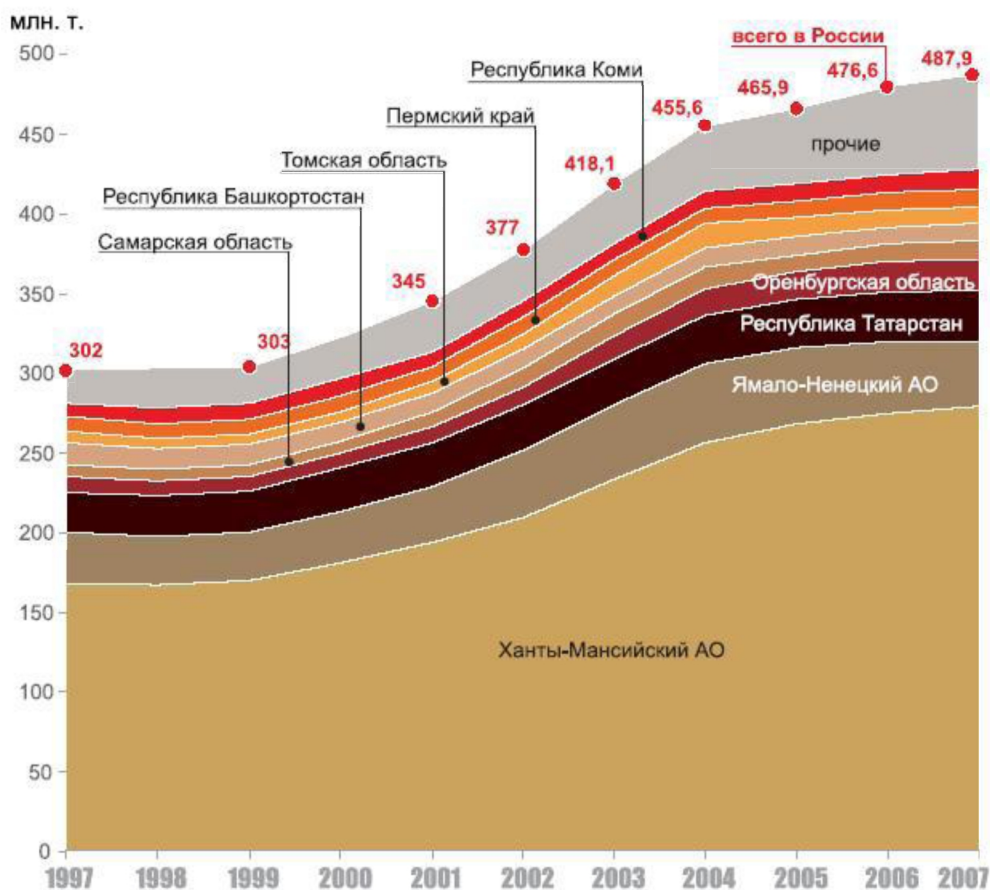


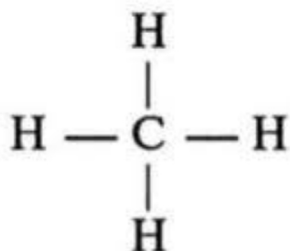
Рис. 2а. Динамика добычи нефти

2.2 Классы углеводородов, входящих в состав нефти

1. Парафины (алканы) – содержание в нефти 30...35%.

Общая формула: C_nH_{2n+2}

Простейший из парафинов – метан, CH_4



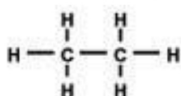
Парафины

нормальные

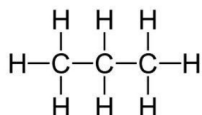
(строятся из молекул метана в виде прямых цепей)

Пример:

этан C_2H_6



пропан C_3H_8

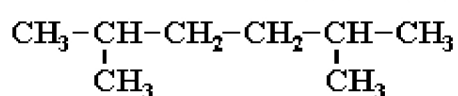


изопарафины

(имеют разветвленную цепную структуру)

Пример:

диметилгексан $C_6H_{12} (CH_3)_2$



Парафины обладают высокой термостабильностью, при сгорании не образуют нагара и дыма.

В современных топливах содержится 35...45% парафинов.

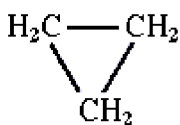
2. Нафтенy (циклоалканы, циклопарафины) – содержание в нефти 25...75%.

Общая формула C_nH_{2n}

Атомы углерода связаны между собой в виде колец, названия нафтенy аналогичны названиями парафинов с теми же числами атомов углерода, но с добавлением приставки «цикло».

Сложные молекулы нафтенy образуются заменой атомов водорода на углеводородные группы.

Пример:



циклопропан, C_3H_6

По свойствам нафтенy близки к парафинам.

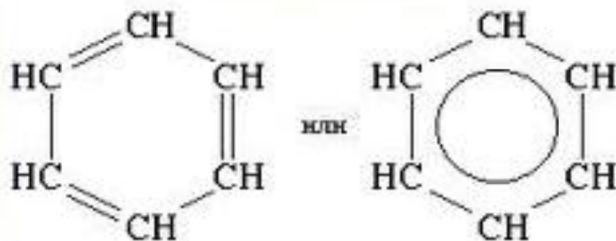
3. Арены (ароматические углеводороды) – содержание в нефти 10...20%.

Общие формулы: C_nH_{2n-6} , C_nH_{2n-12} и другие.

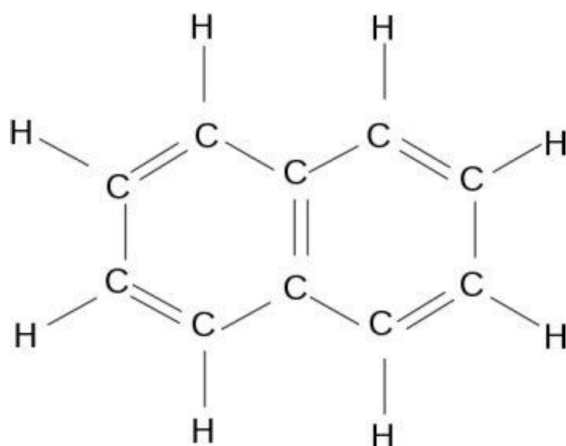
Отличаются наличием в молекуле бензольного кольца:

(6 атомов углерода и 3 двойных связи)

Примеры:



бензол, C_6H_6



нафталин, $C_{10}H_8$

Арены склонны к образованию сажи, обладают большой гигроскопичностью, растворяют резиновые материалы (элементы топливных систем), поэтому присутствие их в ТСМ ограничивается (максимально 25%).

Кроме углеводородов, нефть содержит:

- сернистые соединения; } вызывают коррозию металлов.

- органические кислоты;
- азотистые соединения;
- асфальто-смолистые вещества – вызывают отложения и нагар.

2.3 Прямая перегонка нефти

Характерная особенность нефти – широкий температурный диапазон выкипания ($t_{\text{кип}} = 30 \dots 500^\circ \text{C}$).

Прямая перегонка – процесс разделения нефти в результате выкипания на отдельные компоненты (фракции).

Продукты прямой перегонки называют дистилляты:

дистилляты	$t_{\text{кип}}, ^\circ \text{C}$
бензин	30...180
лигроин	110...230
керосин	120...315
газойль	230...330
соляр	280...380
масло	320...500

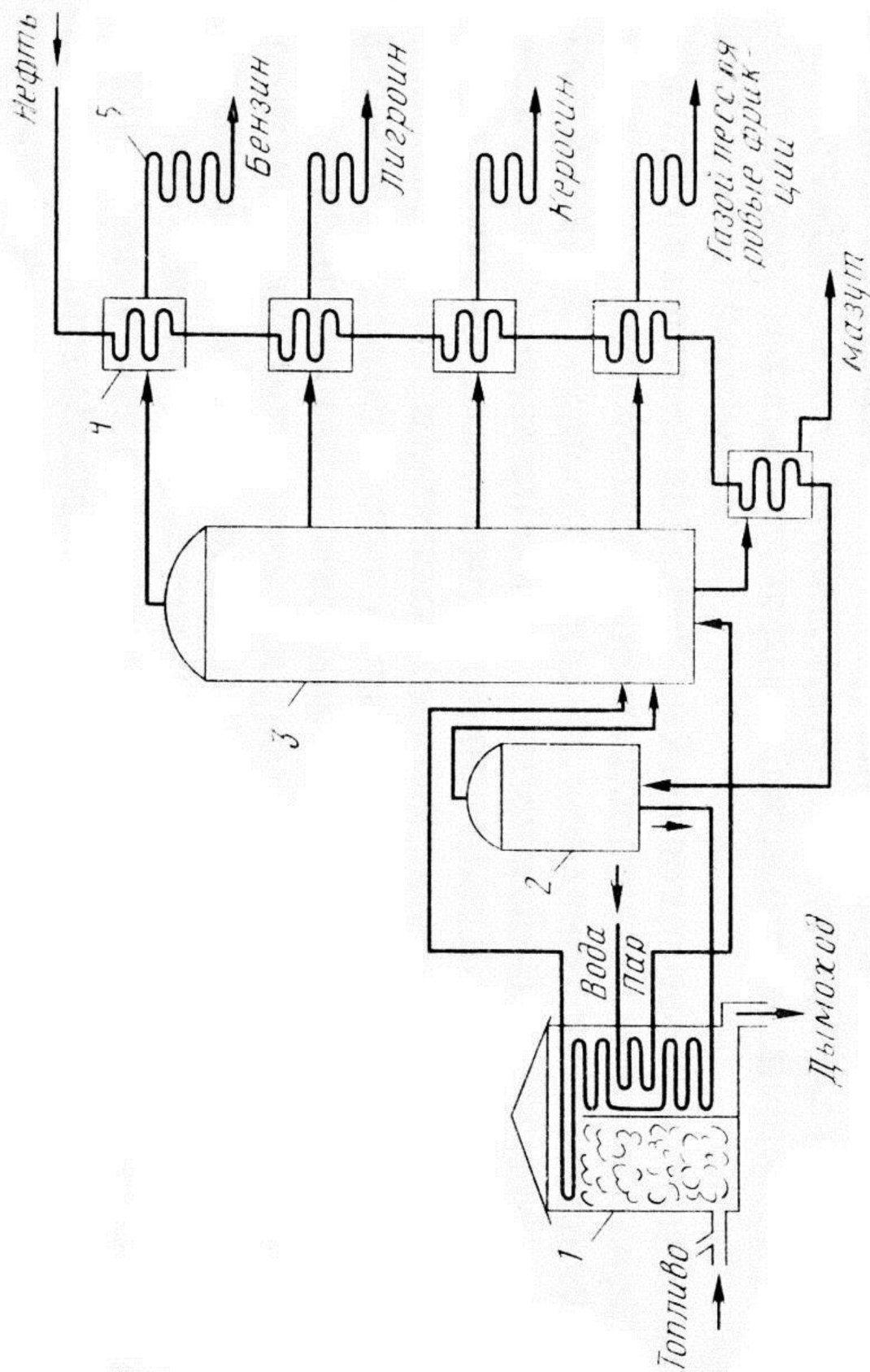


Рис. 3. Принципиальная схема нефтеперегонной установки:
 1 — трубчатая печь; 2 — испарительная колонна; 3 — ректификационная колонна; 4 — теплообменник; 5 — холодильник

Принцип действия нефтеперегонной установки

Нефть -> трубчатая печь (нагрев до $t = 330 \dots 350^{\circ}\text{C}$) -> средняя часть ректификационной колонны (жидкая фаза стекает вниз; пары поднимаются вверх и концентрируются по пути в виде дистиллятов на так называемых ректификационных тарелках или отводятся с верха колонны в газовой фазе).



2.4 Схема получения ТСМ из нефти

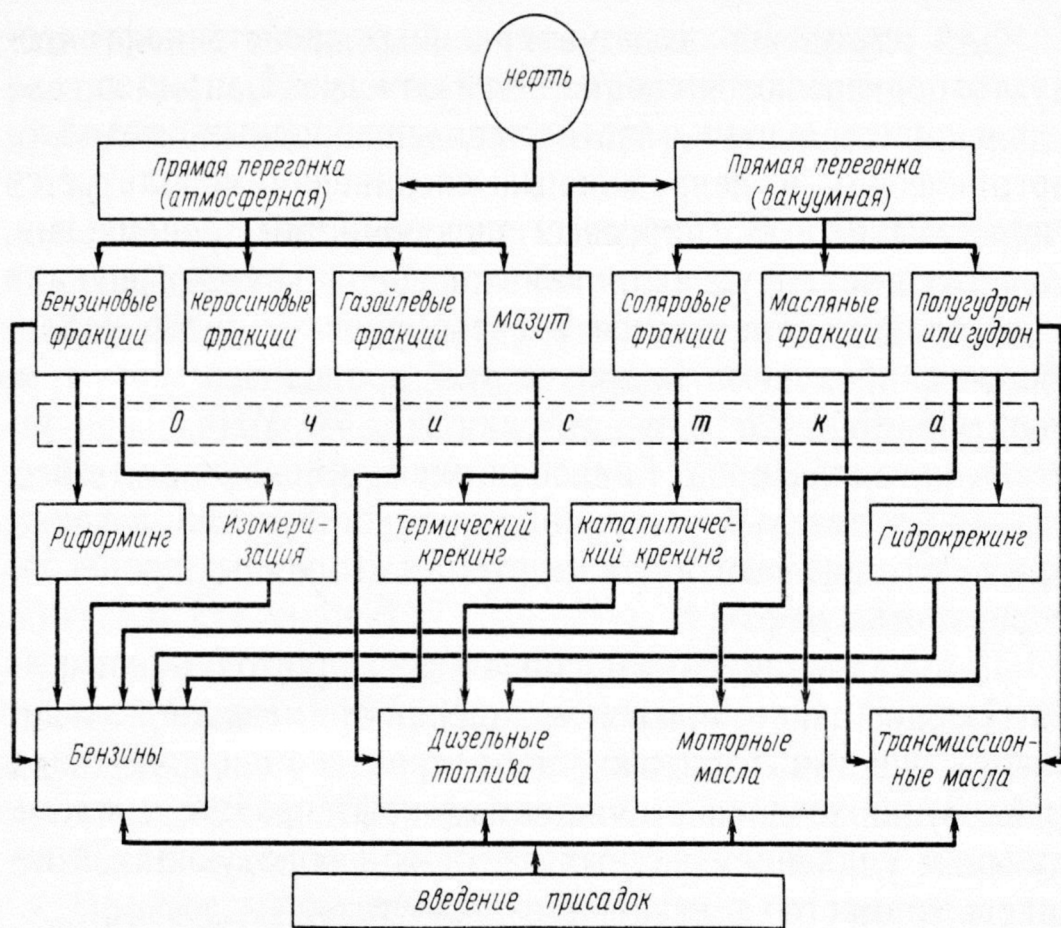


Рис. 4. Получение автомобильных топлив и масел из нефти

2.5 Вторичные процессы переработки нефти

Прямая перегонка обеспечивает ограниченное качество и количество топливных дистиллятов (например, не более 20% бензина), поэтому для увеличения выхода моторных топлив и повышения их эксплуатационных свойств применяются специальные методы обработки дистиллятов – вторичные процессы.

1. Очистка – удаление примесей из нефтепродуктов для улучшения эксплуатационных свойств.
 - 1.1 Гидроочистка – процесс удаления серы, азота и кислорода путём реакции с водородом. Процесс проводится при $t = 350 \dots 420^\circ\text{C}$ и $P = 1,7 \dots 4,0$ МПа в присутствии катализаторов. Образующиеся газообразные продукты удаляются.
 - 1.2 Очистка щелочью – процесс удаления кислородных и сернистых соединений добавлением щелочи. Заключается в добавлении щелочи с последующим удалением водных растворов образующихся веществ.
2. Депарафинизация – удаление соединений (главным образом парафинов) застывающих при высоких температурах. Процесс необходим при производстве зимних сортов топлив и масел.
 - 2.1 Карбамидная депарафинизация дизельного топлива - удаление соединений карбамида (мочевины) с парафинами.
 - 2.2 Депарафинизация масла - охлаждение масла до низких температур с отделением образовавшихся кристаллов.
3. Крекинг - процесс (крекингование) – разложение тяжелых углеводородов на более легкие с целью получения дополнительного количества топливного дистиллята.
 - 3.1 Термический крекинг
 - а) под высоким давлением для получения бензина:
 $t = 470 \dots 540^\circ\text{C}$, $P = 4,0 \dots 6,0$ МПа;
 - б) под низким давлением для получения кокса (коксование):
 $t = 510 \dots 550^\circ\text{C}$, $P = 0,3$ МПа;

Кокс – твердый остаток, образующийся при нагревании топлив до высоких температур без доступа воздуха.

в) под низким давлением и высокой температуре для получения газа для нужд промышленности (пиролиз): $t = 650 \dots 750^\circ\text{C}$, $P = P_{\text{атм}}$.

3.2 Каталитический крекинг – проводится при: $t = 50 \dots 530^\circ\text{C}$, $P = 0,1 \dots 0,3$ МПа в присутствии катализатора.

Катализаторы:

- природные глины (бентонитовые, коалинитовые);
- алюмосиликаты (смесь из 80% окиси кремния и 20% окиси алюминия).

3.3 Гидрокрекинг – процесс сочетающий крекинг и гидрирование (присоединение водорода), проводится при $t = 360 \dots 440^\circ\text{C}$, $P = 15 \dots 17$ МПа в присутствии водородосодержащего газа.

В настоящее время для производства бензина используется главным образом каталитический крекинг из-за низкого качества бензинов термического крекинга. Каталитическим крекингом получают бензин с октановым числом до 85 ед.

4. Риформинг – процесс повышения стойкости к детонации бензина.

4.1 Термический риформинг – проводится в трубчатых печах при $t \approx 550^\circ\text{C}$, $P = 7 \dots 10$ МПа (повышение детонационной стойкости продукта вторичных процессов происходит за счет увеличения содержания ароматических углеводородов (до 70%) и уменьшения содержания парафинов (от 60% до 30%)).

4.2 Каталитический риформинг – проводится в присутствии катализатора в среде водорода при $t = 500 \dots 540^\circ\text{C}$, $P_{\text{водор.}} = 1,5 \dots 4$ МПа

Используется катализаторы:

- пластина на окиси алюминия – название процесса: «платформинг»;
- окись молибдена на окиси алюминия – «гидроформинг».

Изомеризация – химическая реакция перегруппировки атомов в молекуле с образованием молекулы со структурой, обеспечивающей требуемые свойства топлива.

Изомеризация сопровождает большую часть вторичных процессов (крекинг, риформинг и т.д.)

Очистка и вторичные процессы недостаточны для удовлетворения всех требований, предъявляемых к ТСМ.

Поэтому на заключительном этапе производства ТСМ (после смешения продуктов прямой перегонки и вторичных процессов) добавляются присадки.

Присадки – вещества, добавление которых в небольших количествах существенно улучшает эксплуатационные свойства нефтепродуктов.

2.6 Особенности производства смазочных материалов

Группы моторных масел по способу получения:

1. Дистиллятные – производятся из масляного дистиллята.
2. Остаточные – производятся из гудрона (полугудрона).
3. Компаундированные – получают смешением первых и вторых.

Трансмиссионные масла – получают смешением масляных дистиллятов с гудроном.

Пластичные смазки – получают в результате нагрева и перемешивания двух компонентов: жидкой основы и загустителя.

Жидкая основа – масляные фракции.

Загуститель – соли высокомолекулярных кислот (мыла).

2.7 Получение альтернативных моторных топлив.

Альтернативное топливо – топливо, получаемое из не нефтяного сырья.

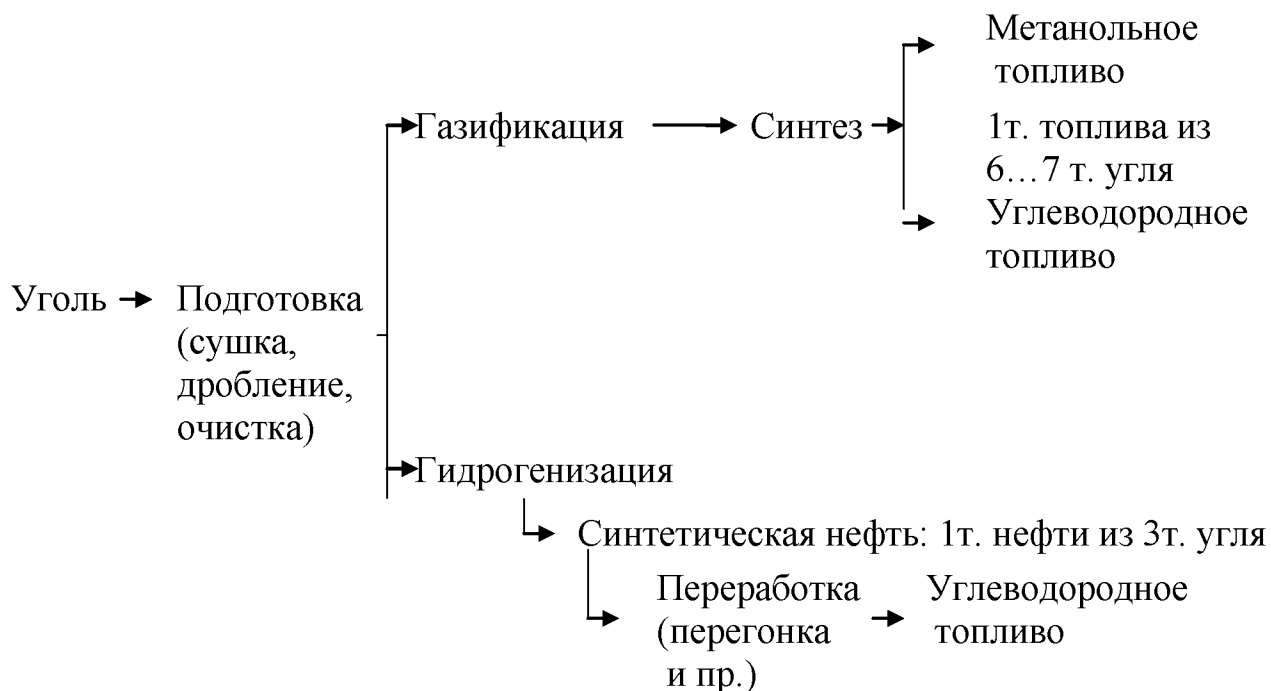
1. Получение альтернативных топлив из природного газа



Конверсия – процесс переработки газов с целью изменения состава исходной смеси.

Синтез – процесс получения жидкого топлива из газов.

2. Получение альтернативных топлив из угля



Гидрогенизация (гидрирование) – реакция присоединения водорода к органическому веществу под влиянием катализаторов.

3. Получение альтернативного топлива из растительного сырья

Биомасса → Подготовка → Ферментация (брожение) → Очистка и удаление воды → Этанольное топливо

3. Топлива

3.1 Требования, предъявляемые к топливам

I. Транспортное средство.

1. Низкая стоимость и широкая доступность.
2. Низкая пожароопасность.
3. Высокая теплотворная способность.
4. Высокая термостабильность.
5. Большая теплоемкость (эффективные охлаждающие свойства).
6. Минимальное количество вредных веществ.

II. Топливная система двигателя.

1. Хорошая прокачиваемость (низкая вязкость).
2. Низкое давление насыщенных паров (отсутствие паровых пробок в системе).
3. Хорошие смазывающие свойства.

4. Низкая коррозионная активность.

III. Камера сгорания (двигатель).

1. Хорошая способность к распыливанию.

2. Хорошая испаряемость.

3. Низкая склонность к образованию нагара и дыма.

4. Хорошая воспламеняемость и горючесть.

3.2 Энергетические показатели топлив

Теплота сгорания (теплотворная способность, теплотворность) - количество тепла, выделяющееся при полном сгорании единицы массы или объема топлива: Дж/кг, Дж/м³.

Высшая теплота сгорания (Н_о) – количество тепла, которое выделяется при полном сгорании топлива, включая тепло конденсации водяных паров продуктов сгорания.

Низшая теплота сгорания (Н_и) – количество тепла, которое выделяется при полном сгорании топлива, без учета теплоты конденсации водяного пара. Используется для характеристик автомобильных топлив, т.к.

$$T_{o.g.} > T_{конд. H_2O}$$

$$H_o - H_i = Q_{парообр.} \approx 2500 \text{ кДж/кг}$$

Условное топливо (у.т.) – единица измерения, применяющаяся для сравнения различных топлив

$$H_{и \text{ у.т.}} = 29,33 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

Т а б л и ц а 1. Энергетические показатели некоторых топлив

Наименование продукта	Стехиометрический коэффициент	Теплота сгорания топлива		Теплота сгорания топливно-воздушной смеси, МДж/кг
		МДж/кг	МДж/л	
Бензин А-76 зимний	14,8	44,5	31,8	2,816
» А-76 летний	14,8	44,0	32,1	2,785
» АИ-92	14,5	43,2	32,9	2,787
Дизельное топливо	15,0	42,3	35,5	2,644
Керосин	15,0	43,2	35,5	2,700
Метанол	6,5	20,0	15,9	2,667

Определение теплоты сгорания

1. Метод анилиновой точки (стандартный)

$$H_u = 9940 + (A + 17,8) \times K$$

A – анилиновая точка, °С - минимальная температура, при которой обеспечивается растворение анилина в топливе;

K – коэффициент плотности топлива.

2. Калориметрический метод – сжигание навески топлива в атмосфере кислорода с поглощением тепла водой в калориметре.

3.3 Свойства топлив

1. Испаряемость – скорость перехода топлива из жидкой фазы в пар.

Характеристики испаряемости:

1.1. Фракционный состав

Фракция – часть топлива, выкипающая в определённом диапазоне температур.

Фракционный состав – процентное содержание в топливе фракций.

Характеристикой фракционного состава является кривая перегонки (разгонки) топлива.

Кривая получается на специальном приборе для разгонки нефтепродуктов (рис. 5,6).

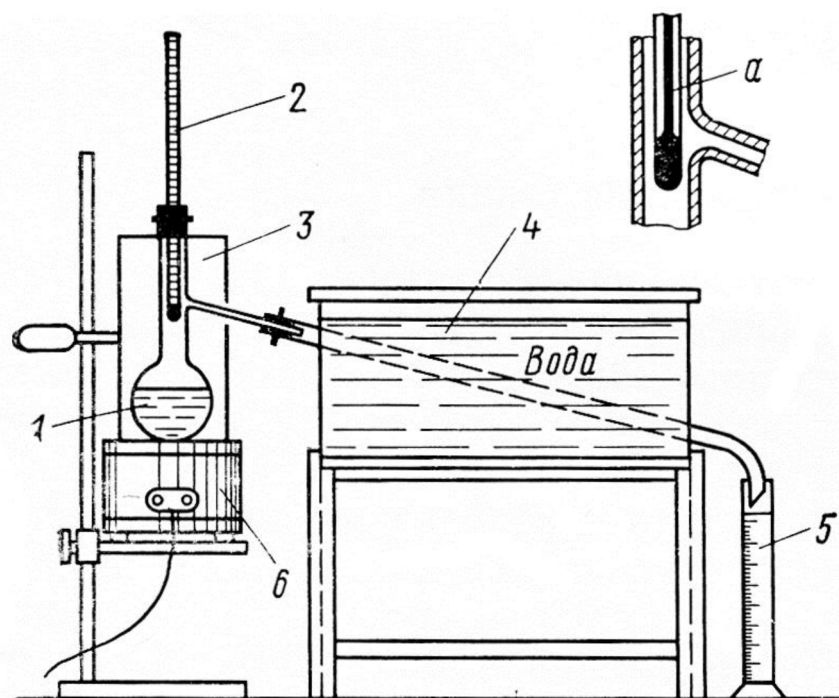


Рис. 5. Прибор для определения фракционного состава топлива:

1 — колба с образцом топлива; 2 — термометр; 3 — кожух; 4 — холодильник; 5 — мерный цилиндр; 6 — электронагреватель; а — положение термометра в горле колбы

При перегонке фиксируют температуры начала кипения, перегонки 10, 50 и 90% количества топлива, а также конца кипения. Соответствующие температуры обозначают индексами $t_{н.к}$, $t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$ и $t_{к.к}$. По полученным данным строят кривую перегонки (разгонки) топлива.

За температуру $t_{н.к}$ принимают температуру пара, соответствующую падению в холодильник первой капли конденсата. За температуру $t_{к.к}$ бензина принимают ту максимальную температуру, при которой ртутный столбик термометра останавливается на некоторой высоте, а после этого начинает опускаться. За $t_{к.к}$ для дизельных топлив принимают температуру 96% выкипания. После конца кипения остается невыкипевший остаток — остаток в колбе. При перегонке бензинов невозможно определить количество наиболее легкокипящих фракций, присутствие которых влияет на эксплуатационные свойства топлива. Поэтому в нормативные требования к бензинам вводится контрольный параметр — давление насыщенных паров при температуре $+38^{\circ}\text{C}$. По температурам перегонки отдельных фракций топлива можно косвенно судить о давлении насыщенных паров — чем ниже давление насыщенных паров, тем выше температуры перегонки.

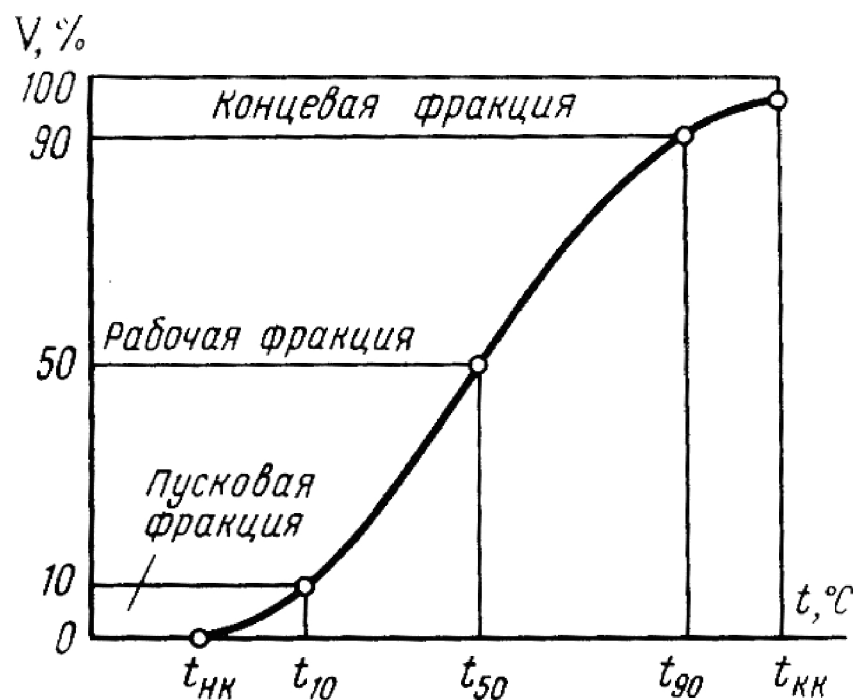


Рис. 6. Кривая разгонки бензина

В соответствии со стандартом фиксируют:

$t_{н.к.}$ - температура начала кипения (начало разгонки);

$t_{к.к.}$ - температура конца кипения (конца разгонки);

$t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$ - температура отгонки 10, 50, 90% фракций;

V , % - количество отогнанного топлива.

Влияние фракционного состава топлив на применение в ДВС:

а) $t_{н.к.}$, $t_{10\%}$ - определяют пусковые свойства топлива;

б) $t_{50\%}$ - определяет приемистость и скорость прогрева двигателя;

в) $t_{к.к.}$, $t_{90\%}$ - определяет полное испарение топлива.

1.2 Давление насыщенных паров ($P_{н.п.}$) — давление пара, находящегося в равновесии с жидкостью при данной температуре (рис. 7).

Чем выше давление насыщенных паров, тем большее количество пара содержится в топливно-воздушной смеси (лучше испаряемость).

Методы определения давления насыщенных паров

а) Бомба Рейда

Давление насыщенных паров определяется в лабораторном приборе — бомбе (рис. 8.), которая состоит из двух соединенных друг с другом камер. В нижнюю камеру, имеющую объем, в четыре раза меньший, чем у верхней, заливают исследуемый бензин. Бомбу помещают в водяную баню, обеспечивающую поддержание заданной температуры, и замеряют давление паров бензина.

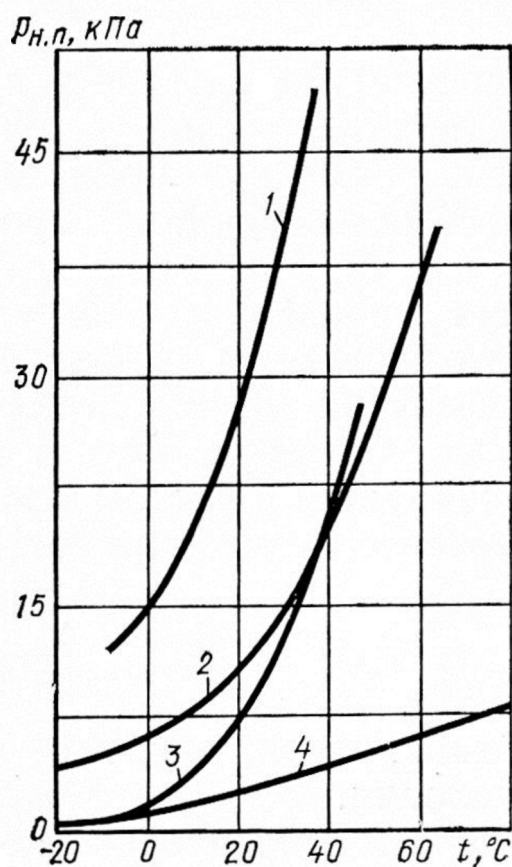


Рис. 7. Зависимость давления насыщенных паров топлива $p_{н.п.}$ от температуры:

1 — летний бензин; 2 — зимний бензин; 3 — этанол; 4 — дизельное топливо

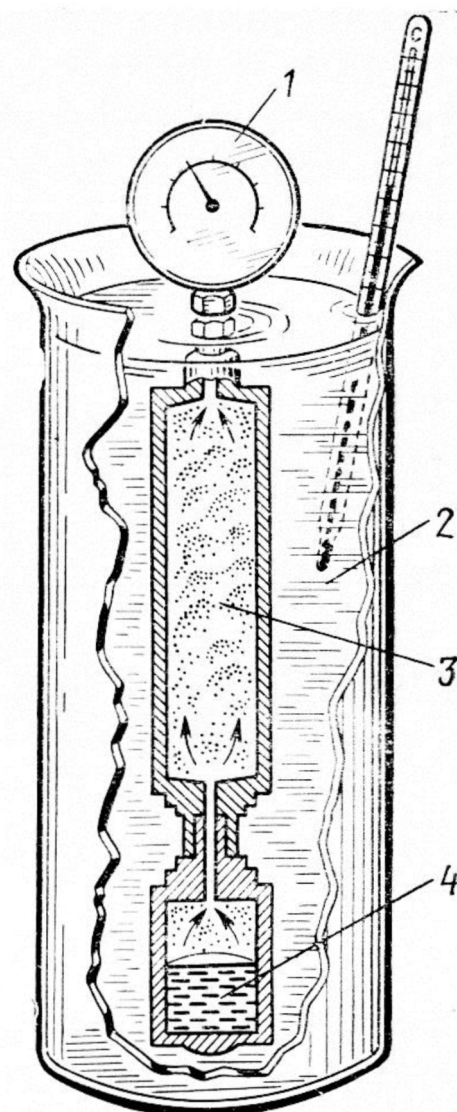


Рис. 8. Лабораторная бомба для определения давления насыщенных паров бензина:

1 — манометр; 2 — вода; 3 — пары бензина; 4 — испытуемый бензин

б) Метод Валявского – Бударова – определение изменения объема паровоздушной смеси при нагревании топлива до $t = 38^{\circ}\text{C}$ и равном отношении объемов жидких и паровой фаз (рис. 9).

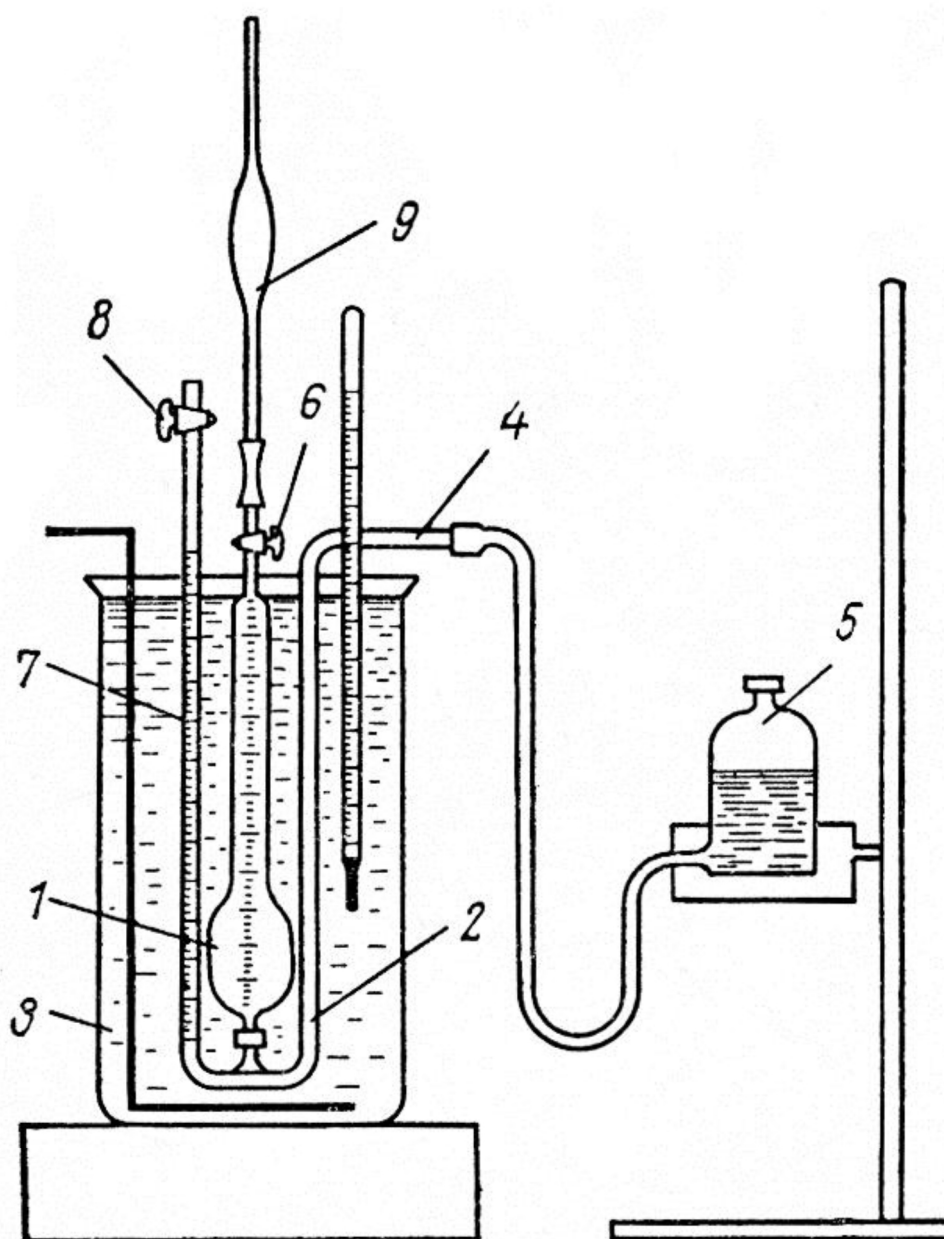


Рис. 9. Прибор Валявского-Бударова:

1 — бюретка; 2 — тройник; 3 — стакан; 4, 7 — сифонная и барометрическая трубки; 5 — напорная склянка; 6 — соединительный кран; 8 — кран; 9 — пипетка.

Прибор состоит из бюретки 1 с прямым соединительным краном 6; тройника 2, снабженного сифонной 4 и барометрической 7 трубками; стакана 3, служащего в качестве бани, и напорной склянки 5 с нижним тубусом. Склянка 5 наполняется жидкостью, нерастворимой в испытуемом топливе.

В системе создают сифон и оставляют в бюретке 1 нужный объем чистого воздуха, затем испытуемое топливо сливают из пипетки 9 в бюретку 1. По достижении равновесного состояния замеряют объем образовавшейся паровоздушной смеси. Давление насыщенных паров $P_{н.п.}$ рассчитывают по формуле:

$$P_{н.п.} = \frac{V_{см} - V_{возд}}{V_{см}} (P_{атм} - P_{ж})$$

где $V_{возд}$ и $V_{см}$ — соответственно объем чистого воздуха (до испарения) и паровоздушной смеси (после испарения); $P_{атм}$ — атмосферное давление; $P_{ж}$ — давление насыщенных паров напорной жидкости (воды).

Точность определения $\pm 2\%$. На определение расходуется 2—15 мл топлива и затрачивается 15—20 мин.

1.3 Теплота парообразования — количество тепла, затрачиваемое на испарение единицы массы топлива

Т а б л и ц а 2

Топливо	Теплота парообразования, кДж/кг	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Понижение температуры смеси при полном испарении топлива $\alpha = 1$, К
Этиловый спирт	919,0	2,39	80,4
Метиловый спирт	1102,8	2,43	123,1
Бензин:			
А-76	297,3	2,09	17,7
АИ-92	305,6	1,97	18,8
Дизельное топливо	210,0	1,88	18,2
Бензол	381,0	1,67	26,4

2. Вязкость, плотность и низкотемпературные свойства топлив

2.1 Вязкость — свойство, характеризующее способность жидкости сопротивляться течению, т.е. перемещению её слоёв под действием внешней силы.

$$F = \mu \cdot S \frac{dU}{dy} \text{ — сила трения между слоями жидкости}$$

S — площадь соприкосновения;

dU — относительная скорость перемещения слоев жидкости;

dy — расстояние между слоями;

μ (Па·с) — коэффициент динамической вязкости.

$\mu = 1$ Па·с — вязкость такой жидкости, в которой 2 слоя с $S = 1$ м² на расстоянии в 1 м под действием силы в 1Н двигаются с относительной скоростью 1 м/с.

На практике чаще используют коэффициент кинематической вязкости:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \left(\frac{\text{мм}^2}{\text{с}} \right)$$

$$1 \text{ мм}^2/\text{с} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Вязкость определяют в специальных приборах – вискозиметрах, путем замера времени истечения жидкости определённого объема через капилляр (рис. 10).

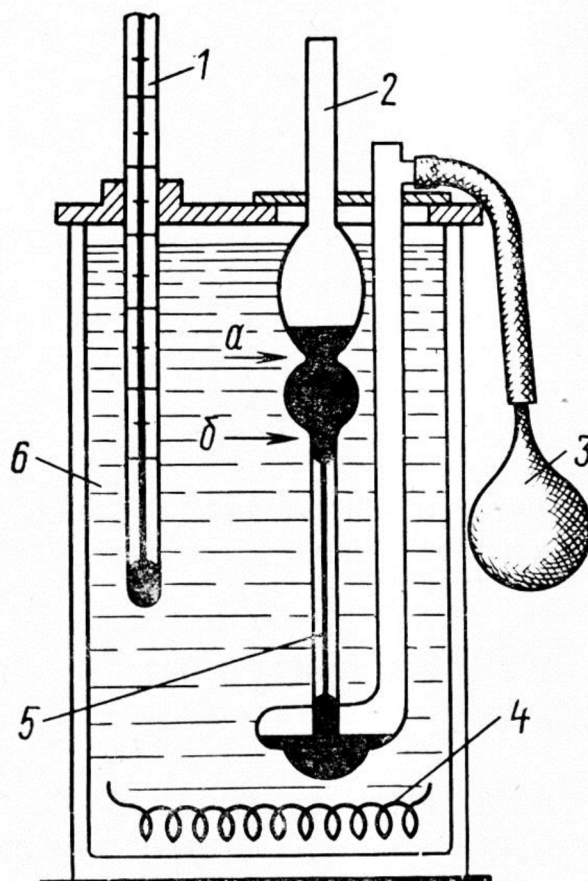


Рис. 10. Прибор для определения кинематической вязкости:

1 — термометр; 2 — капиллярный вискозиметр; 3 — резиновая груша; 4 — электроподогрев; 5 — капилляр вискозиметра; 6 — термостат

В системе единиц СГС: μ - 1 Пуаз (П) = 0,1 Па·с

ν - 1 Стокс (Ст) = 1 см²/с или $1 \cdot 10^6$ сСт = 1 м²/с

Таблица 3. Плотность и вязкость различных топлив

Топлива	Плотность, кг/м ³ (20 °С)	Динамическая вязкость, МПа·с (20 °С)
Автомобильный бензин	730...780	0,55...0,62
Реактивное топливо	750...840	1,5...3,3
Топливо для быстроходных дизелей	830...875	1,5...6
Мазут	950...1060	100...170

Зависимость ν от t и P

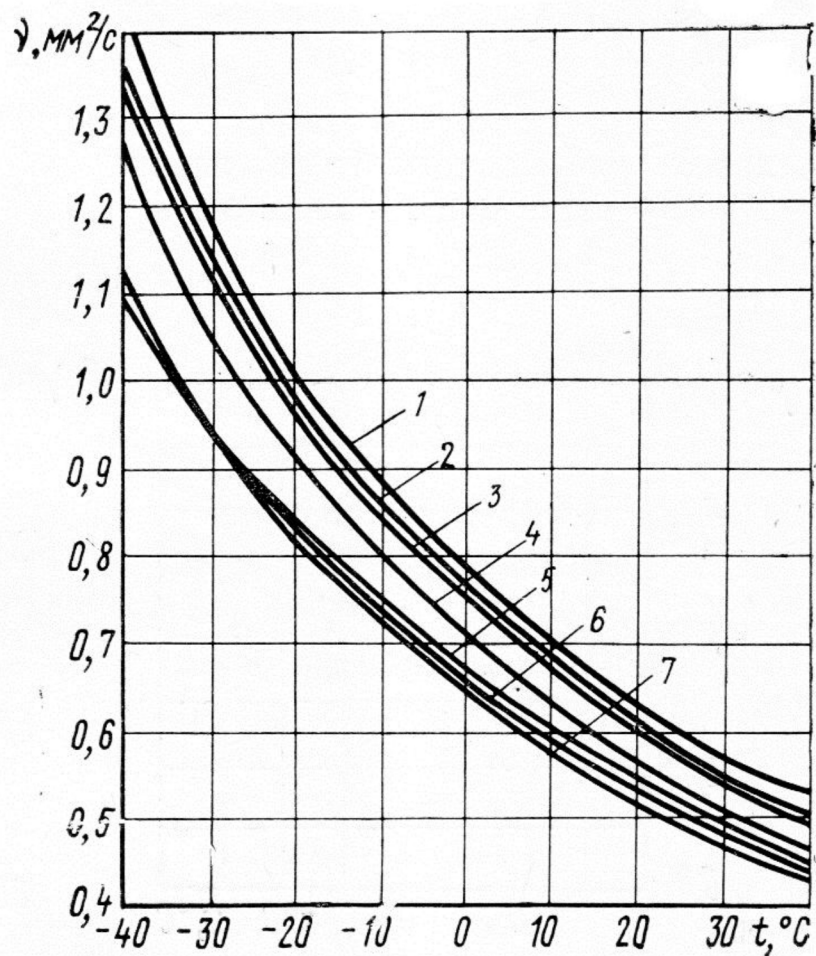


Рис. 11. Вязкостно-температурные характеристики автомобильных бензинов:
 1 — экстра; 2 — АИ-93 летний неэтилированный; 3 — АИ-93 летний этилированный; 4 — А-76 летний; 5 — А-76 зимний; 6 — А-72 летний; 7 — А-72 зимний

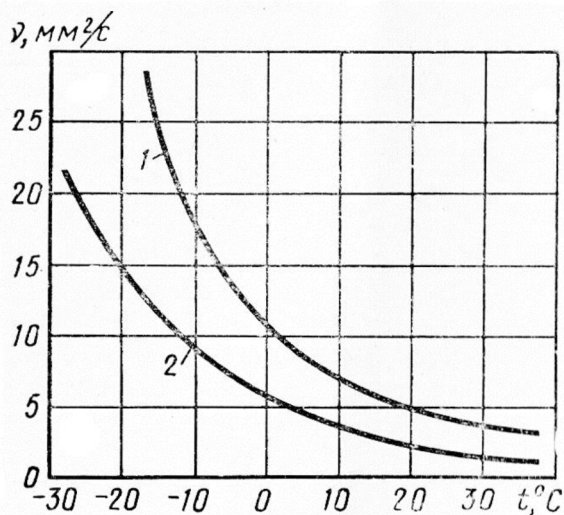


Рис.12. Вязкостно-температурные характеристики дизельных топлив:
1 — марки ДЛ; 2 — марки 3

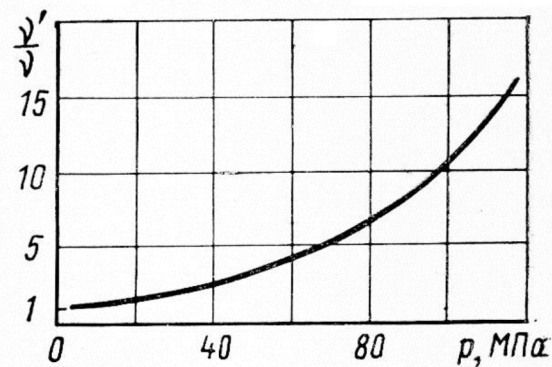


Рис.13. Влияние давления на относительное изменение вязкости дизельного топлива:

ν' — вязкость при давлении p ; ν — вязкость при атмосферном давлении

2.2 Плотность топлива - $\rho = \frac{m}{V}$ - измеряется ареометрами.

$$\rho_t \approx \rho_{293} \pm \text{const}(t - 253)$$

ρ_{293} - плотность топлива при 293К

$$\text{const} = (5 \dots 10) \cdot 10^{-4}$$

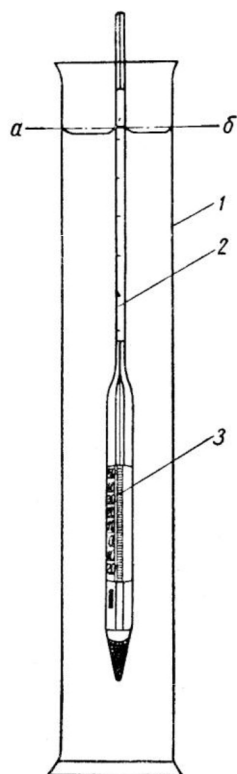


Рис.15. Определение плотности нефтеденсиметром.

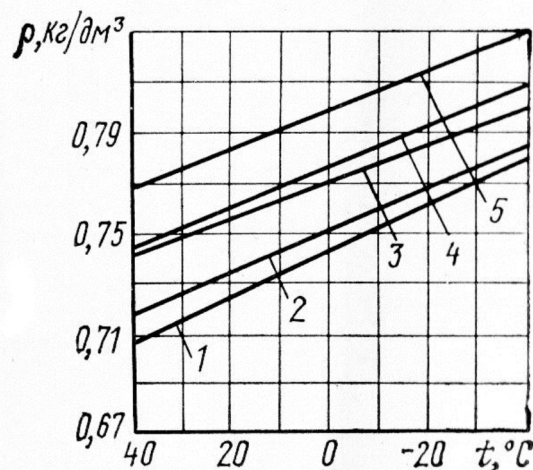


Рис.14. Зависимость плотности бензинов ρ от температуры:

бензины: 1 — А-72 зимний; 2 — А-72 летний; 3 — АИ-93 летний этилированный; 4 — АИ-93 летний неэтилированный; 5 — А-76 летний

Плотность можно определить с помощью нефтеденсиметра (ареометра), опускаемого в стеклянный цилиндр 1 с испытуемым топливом (рис. 15). После того, как нефтеденсиметр установится спокойно, по верхнему мениску (аб) отмечают, до какого деления на шкале (с нанесенными на ней значениями плотности), имеющейся на стержне 2, погрузился нефтеденсиметр в топливо. Чем меньше плотность топлива, тем глубже погружается денсиметр. Так как плотность жидкостей, в том числе и топлив, зависит от температуры, то од-

новременно по термометру 3, впаянному в нижнюю часть поплавка денсиметра, определяют температуру топлива. Точность определения плотности нефтенсиметрами достигает 0,001; при необходимости в большей точности следует пользоваться гидростатическими весами.

2.3 Низкотемпературные свойства – способность топлив обеспечивать прокачиваемость при отрицательных температурах.

а) Температура помутнения – теряется физическая однородность топлива, вследствие образования микрокристаллов.

б) Температура кристаллизации – кристаллы в топливе заметны невооруженным глазом.

в) Температура застывания – происходит сращивание кристаллов и топливо теряет подвижность.

Температуры помутнения и кристаллизации определяют путем охлаждения стеклянной пробирки с топливом (рис. 16.) и измерения температур, при которых начинается помутнение топлива и появляются отчетливо видимые невооруженным глазом кристаллы.

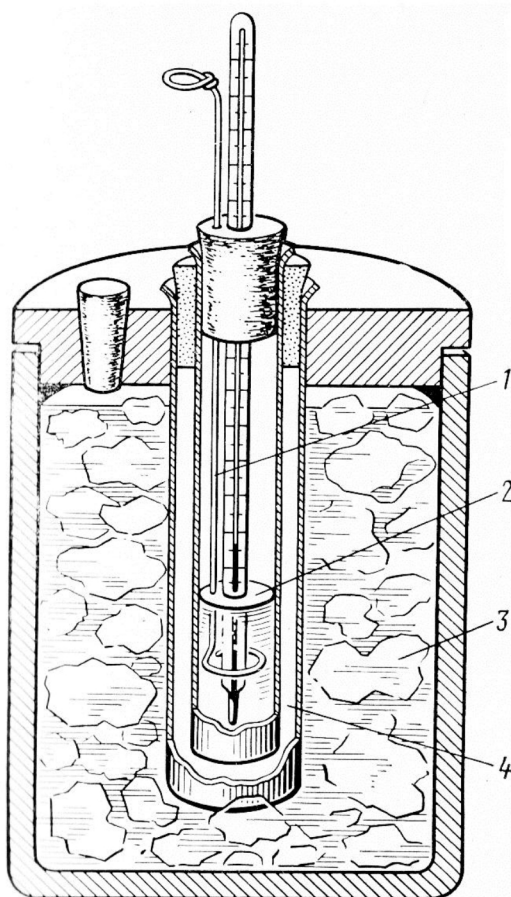


Рис.16. Схема прибора для определения температур помутнения и кристаллизации топлива:

1 — мешалка; 2 — испытуемое топливо; 3 — охлаждающая смесь; 4 — воздух

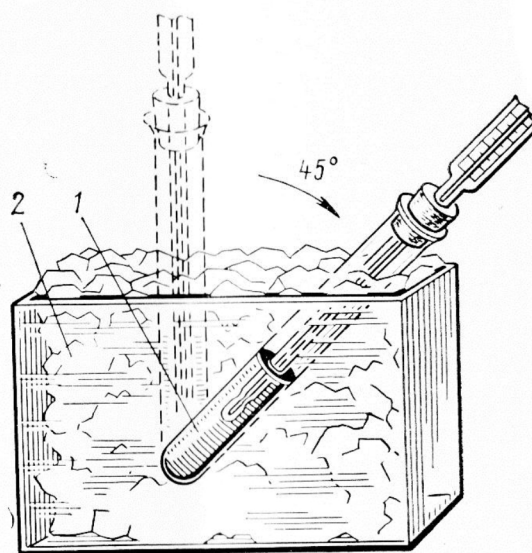


Рис.17. Схема прибора для определения температуры застывания топлива:

1 — топливо; 2 — охлаждающая смесь

Температуру застывания определяют путем охлаждения пробирки с топливом до температуры, при которой наклон пробирки на угол 45° и выдержка в этом положении не вызывают смещения уровня топлива в ней (рис. 17.). Соответствующую температуру принимают за температуру застывания.

3. Стабильность топлив - способность сохранять заданные свойства в течение определенного периода.

3.1 Физическая стабильность – способность сохранять фракционный состав.

Физическую стабильность характеризуют $R_{н.п.}$ (при $t = 38^\circ \text{C}$) и $t_{10\%}$

Количественно физическую стабильность определяют продувкой объема топлива десятью объемами воздуха при 20°C

$$\text{Потери от испарения: } X = \frac{m_1 - m_2}{m_1}$$

m_1 - масса топлива до испарения, m_2 - масса топлива после испарения.

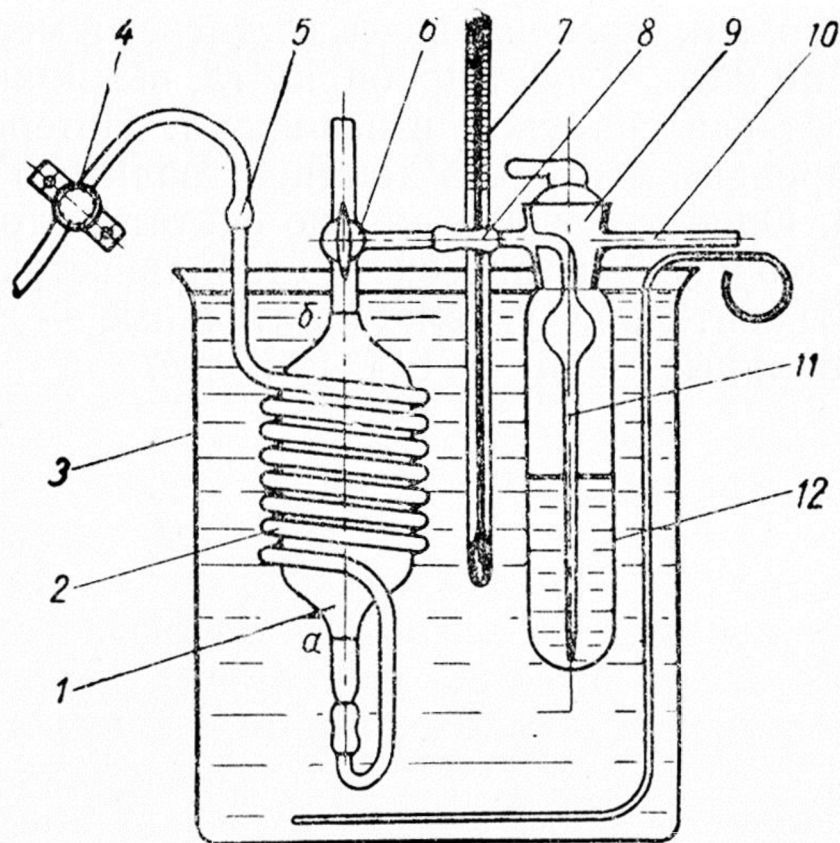


Рис.18. Прибор для определения потерь топлива от испарения (по методу Бударова).

При проведении испытаний методом Бударова 10 мл топлива заливают пипеткой в предварительно взвешенную (вместе с пробкой) специальную пробирку 12 (рис. 18). Пробирку с залитым топливом снова взвешивают и соединяют резиновой трубкой 8 со стеклянным мерником 1 для воздуха объемом (между метками а и б) 100 мл. Мерник устанавливают в стеклянном змеевике 2

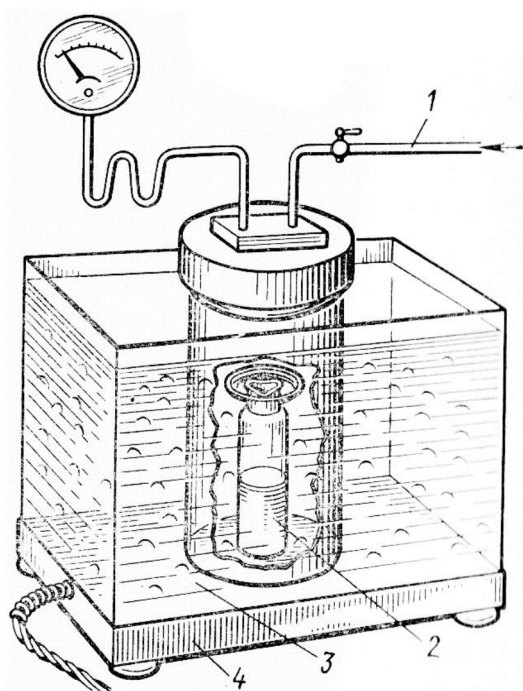
и соединяют резиновой трубкой 5, снабженной зажимом 4, с напорной склянкой (не показанной на рис. 18), заполняемой водой. Прибор помещают в стакан 3; температуру воды в стакане, замеряемую термометром 7, поддерживают во время опыта $20 \pm 0,1^\circ \text{C}$. Водой из напорной склянки наполняют змеевик 2 и нижнюю трубку мерника до метки а. Трехходовой кран 6 ставят в такое положение, при котором мерник 1 был бы соединен с пробиркой 12, а притертую пробку 9 - чтобы воздух из мерника мог поступать в трубку 11 и, пройдя через налитое в пробирку топливо, выходить наружу по трубке 10.

Выдержав прибор в водной бане 5 мин., поднимают напорную склянку и, регулируя зажим 4, вытесняют из мерника 1 в течение 3...5 мин. 100 мл воздуха, с тем чтобы он достаточно интенсивно, но без разбрызгивания, продувал топливо, находящееся в пробирке 12. После того как уровень воды достигнет в мернике 1 метки б, поворотом пробки 9 отключают пробирку 12, вынимают ее из стакана и, тщательно обтерев снаружи, взвешивают. Потерю от испарения вычисляют в процентах от веса топлива, залитого в пробирку 12 в начале опыта. Ориентировочно можно считать, что бензины, обладающие очень хорошей физической стабильностью, дают потери меньше 2%, относительно удовлетворительные - до 3%, а менее физически стабильные - до 4...6% и более.

3.2 Химическая стабильность – способность топлива сохранять химический состав.

Изменение химического состава вызывается окислением кислородом воздуха химически неустойчивых соединений. В результате окисления образуются смолистые вещества, которые отлагаются на деталях топливной системы и образуют нагар в камере сгорания.

Параметры оценки химической стабильности:



а) Индукционный период - промежуток времени, в течении которого топливо не окисляется кислородом при $P = 0,7 \text{ МПа}$ и $t = 100^\circ \text{C}$

При определении индукционного периода бензина лабораторный прибор — бомбу с исследуемым образцом продукта (рис. 19.) под давлением кислорода помещают в кипящую водяную баню. Момент погружения фиксируют как начало окисления. По мере нагрева содержимого бомбы давление в ней повышается до определенного максимума, соответствующего моменту, когда кислород в бомбе вступает в достаточно активную реакцию с бензи-

Рис.19. Бомба для определения индукционного периода бензина:

1 — трубка для ввода кислорода; 2 — бензин; 3 — термостат; 4 — электрочеш

ном. После этого давление в бомбе начинает снижаться. За конец индукционного периода принимают время, соответствующее началу непрерывного снижения давления в бомбе. Чем больше период индукции топлива, тем выше его химическая стабильность и способность сохранять свои свойства.

б) Содержание фактических смол ($\text{мг} / 100 \text{ мл}$ топлива) – определяется испарением навески топлива.

4. Коррозионные свойства топлив.

Коррозионная агрессивность – свойство топлива или продуктов его сгорания вызывать коррозию металлов.

Количественная оценка коррозионной агрессивности:

$$K = \frac{m_1 - m_2}{S}, \text{ г/м}^2$$

$(m_1 - m_2)$ – изменение массы медной пластины в топливе при $t = 170^\circ \text{C}$ за $\tau = 2$ часа.

Кислотность – количество щелочи КОН (мг) необходимое для нейтрализации 100 мл топлива.

Химически активные соединения в топливе, вызывающие коррозию:

1. Кислоты и щелочи

1.1 Минеральные (водорастворимые):

- оказывают сильное коррозионное воздействие;
- содержание в топливе недопустимо;
- контроль содержания по индикаторам: кислота – «метилоранж», щелочь – «фенолфталеин».

1.2 Органические (нафтеновые) кислоты (пример - фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$):

- коррозионная активность слабая;
- допустимо содержание в топливе;
- контроль: по величине кислотности.

2. Сернистые соединения

2.1 Активные (активная сера):

- интенсивная коррозия;
- содержание в топливе недопустимо;
- контроль: проба на медную пластинку (появление налета на пластинке, опущенной в топливо).

2.2 Неактивные (меркаптановая сера) (пример: SO_3 - серный ангидрид, SO_2 - сернистый ангидрид):

- вызывает коррозию только при сгорании;
- допускается ограниченное содержание в топливе;
- контроль: процентное содержание серы в топливе.

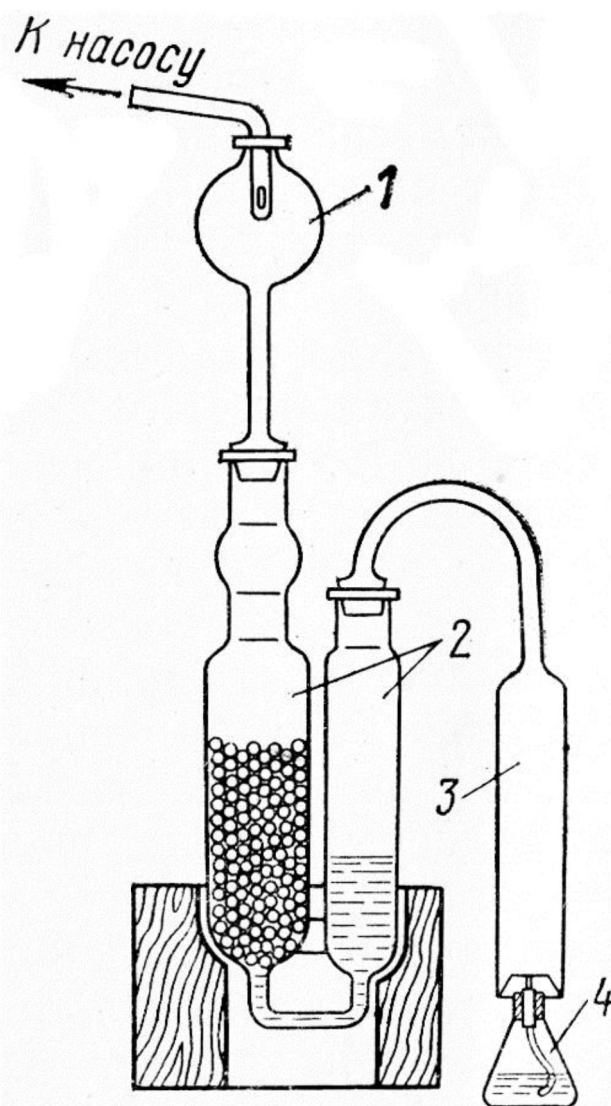


Рис.20. Прибор для определения серы ламповым методом:

1 — брызгоуловитель; 2 — поглотитель; 3 — ламповое стекло; 4 — лампа

Контроль количества содержащихся в топливе неактивных сернистых соединений (неактивной серы) осуществляется по имеющейся в них сере, для чего в стандартном приборе (рис. 20.) сжигают определенную порцию топлива, улавливают образовавшиеся окислы серы и пересчетом устанавливают количество серы (в процентах) от массы сгоревшего топлива.

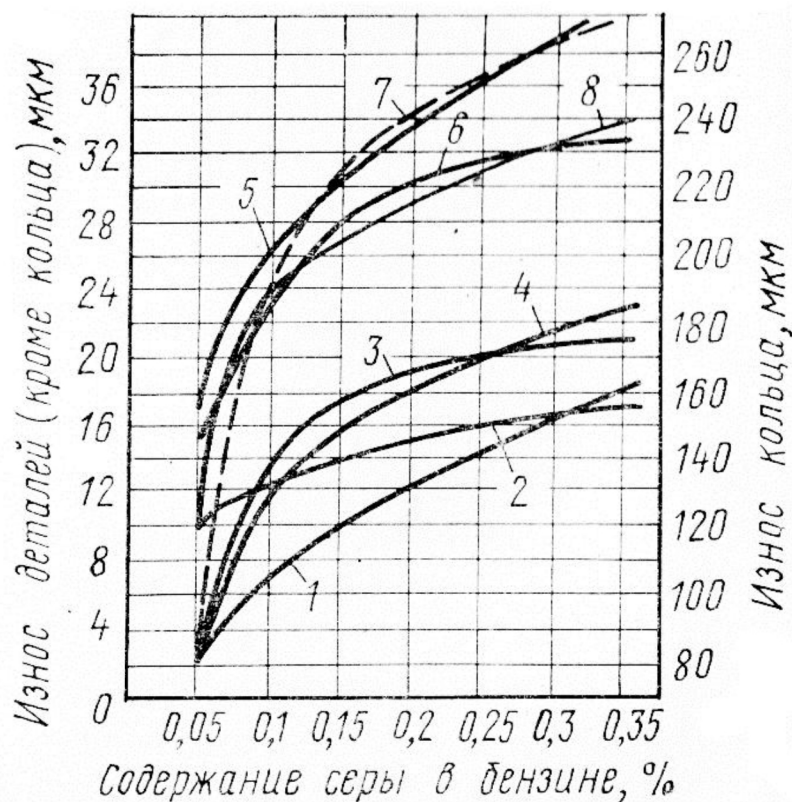


Рис.21. Влияние содержания серы в бензине на износ деталей двигателя за 210 ч работы на стенде:

1 — стержень клапана; 2 — втулка шатуна; 3 — бобышки поршня; 4 — вкладыш шатуна; 5 — цилиндр; 6 — шатунная шейка; 7 — поршневое кольцо; 8 — втулка клапана

3. Вода:

- сильная коррозия материалов баков и систем питания;
- наличие в топливе недопустимо;
- контроль: отстаиванием объема топлива.

4. Механические примеси – твердые частицы любого происхождения:

- засорение, абразивный износ топливной аппаратуры, образование отложений;
- наличие в топливе недопустимо;
- контроль: коэффициент фильтруемости

$$K_{\text{фильтр.}} = \frac{\tau_{10}}{\tau_1}$$

τ_{10} - время фильтрования десятой порции топлива;

τ_1 - время фильтрования первой порции топлива.

$K_{\text{фильтр.}} < 3$ – условие чистоты топлива.

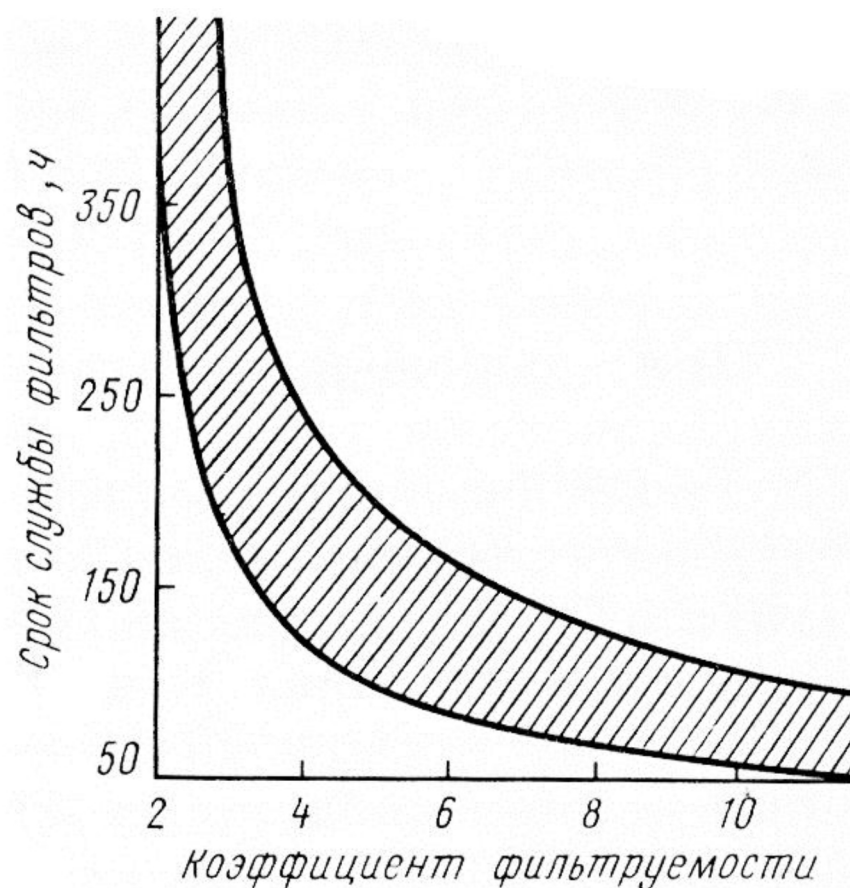


Рис. 22. Влияние загрязнения топлива на срок службы фильтров

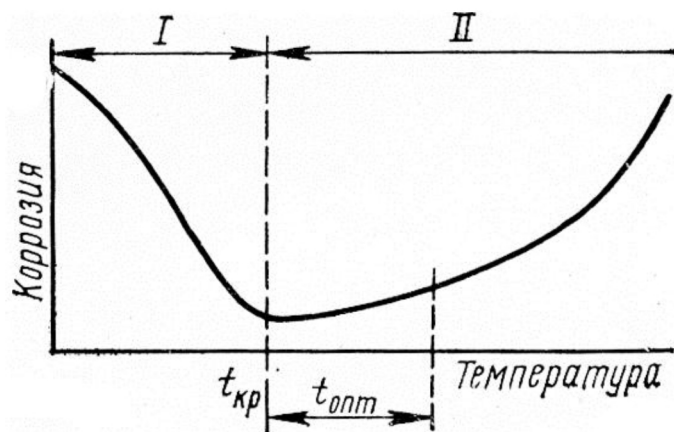


Рис.23. Зависимость коррозии от температуры поверхности

Зона I – электрохимическая (низкотемпературная) коррозия – вызвана воздействием кислот растворенных в топливе. Зона II – газовая коррозия (высокотемпературная) – вызвана воздействием серных соединений в газообразном состоянии. $t_{кр}$ - температура соответствующая минимальной коррозии. $t_{опт}$ - оптимальная рабочая температура.

5. Свойства топлив образовывать отложения

Виды отложений:

1. Смолистые отложения вязкой консистенции - отложения в системе топливо-поддачи, во впускном тракте, на клапанах.

Смолистые отложения ухудшают:

- прокачиваемость топлива;
- наполнение цилиндров;
- отвод тепла.

2. Нагар – твердые углеродистые отложения, образуются на деталях камеры сгорания под действием высоких температур.

Нагар вызывает:

- перегрев двигателя;
- уменьшение объема цилиндра;
- износ трущихся пар.

Показатели оценки свойства топлива образовывать отложения:

а) Коксуемость $x_k = \frac{m_k}{m_t} \cdot 100\%$

m_k - масса коксового остатка после сжигания образца топлива m_t

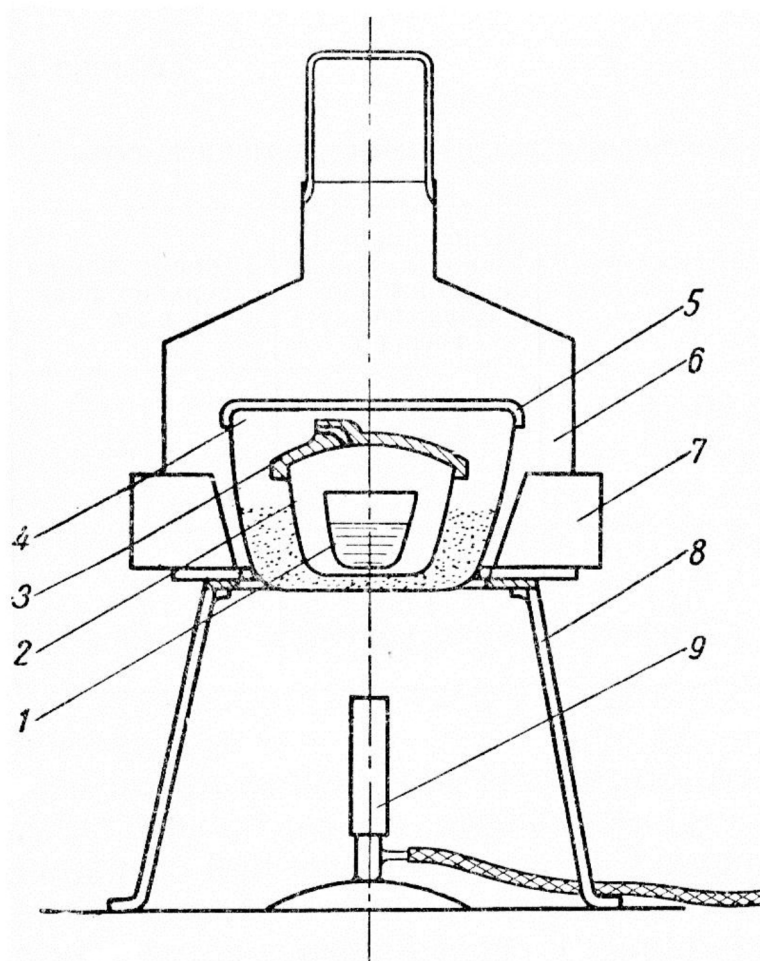


Рис.24. Схема прибора для определения коксуемости нефтепродуктов

В приборе для определения коксуемости нефтепродуктов (рис. 24) имеются три тигля. В фарфоровый тигель 1 после доведения его до постоянного веса берут навеску испытуемого топлива. Этот тигель ставят в железный тигель 2, служащий воздушной баней, и закрывают крышкой 3 с небольшим отверстием для выхода газов, образующихся при испытании топлива. Оба эти тигля устанавливают в железном тигле 4, служащем песочной баней, и закрывают (но не герметично) крышкой 5. Тигли в сборе ставят на фарфоровом треугольнике в железный асбестированный муфель 7, находящийся на треножнике 8, прибор закрывают колпаком 6 и под тигли ставят горелку 9. При интенсивном нагревании тиглей испытуемый продукт коксуется, а образующиеся при этом пары и газы выходят из трубы колпака и загораются; коксование заканчивают после прекращения выделения газов. По окончании опыта прибор разбирают и тигель 1 с образовавшимся твердым углистым остатком — коксом охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Коксуемость (или иначе коксовое число) выражают в процентах от взятой навески продукта.

б) Зольность $x_3 = \frac{m_3}{m_T} \cdot 100\%$, m_k - масса зольного остатка после сжигания образца топлива m_T

в) Содержание смол, % (см. п. 3.2)

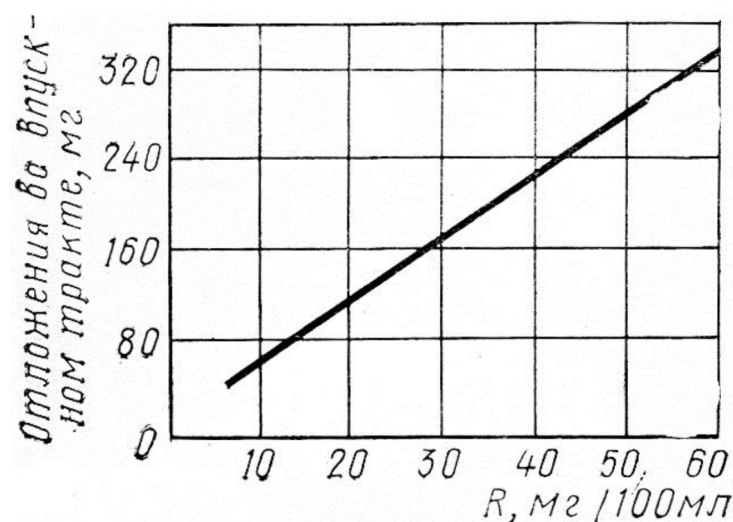


Рис.25. Влияние фактических смол на отложения во впускном тракте:

R — содержание фактических смол в бензине

6. Экологические свойства топлив — характеризуются процентным содержанием токсичных веществ в продуктах сгорания.

Токсичные вещества, выделяющиеся при горении топлива:

а) окись углерода CO

б) углеводороды C_nH_m

в) окислы азота NO_x — образуются при окислении азота кислородом воздуха в условиях высоких температур

г) сажа (углерод «С») — образуется в результате нагрева топлива при недостатке воздуха. Сажа не является токсичным веществом, но загрязняет воздух и является переносчиком вредных веществ, в частности углеводородов.

7. Свойства топлив воспламеняться.

Характеристики:

а) давление насыщенных паров;

б) концентрационные пределы горения;

в) температура вспышки — минимальная температура топлива, при которой образуется смесь паров с воздухом, способная воспламеняться от источника зажигания.

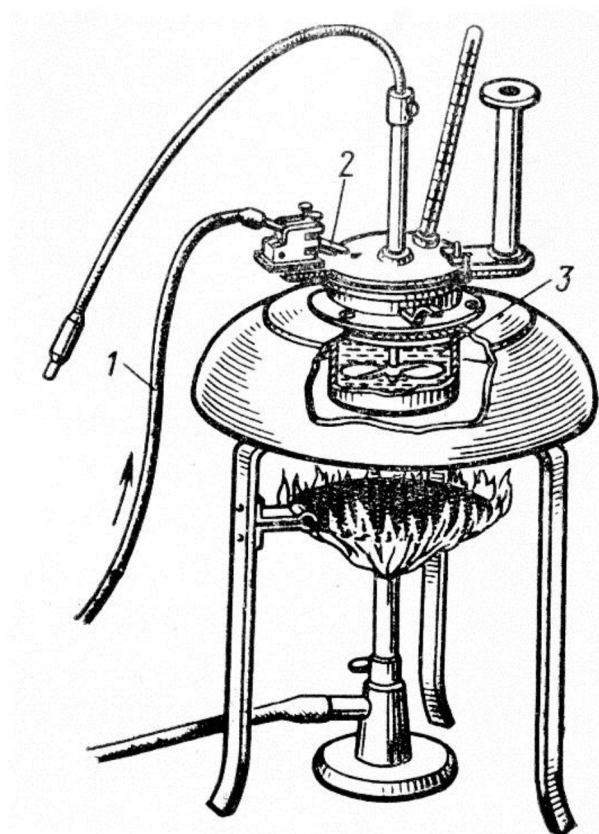


Рис.26. Прибор с закрытым тиглем для определения температуры вспышки топлива:
1 — подвод газа к горелке; 2 — горелка; 3 — испытуемое топливо

При определении температуры вспышки испытуемый продукт нагревается в тигле (рис. 26.) и через определенные промежутки времени испытывается на вспышку путем подвода к поверхности испытуемого продукта открытого пламени. За температуру вспышки принимают температуру продукта в момент четкого появления первого пламени над поверхностью прибора.

г) температура самовоспламенения – минимальная температура топлива, при которой начинается процесс горения.

8. Детонационная стойкость топлив (для двигателей с искровым зажиганием)

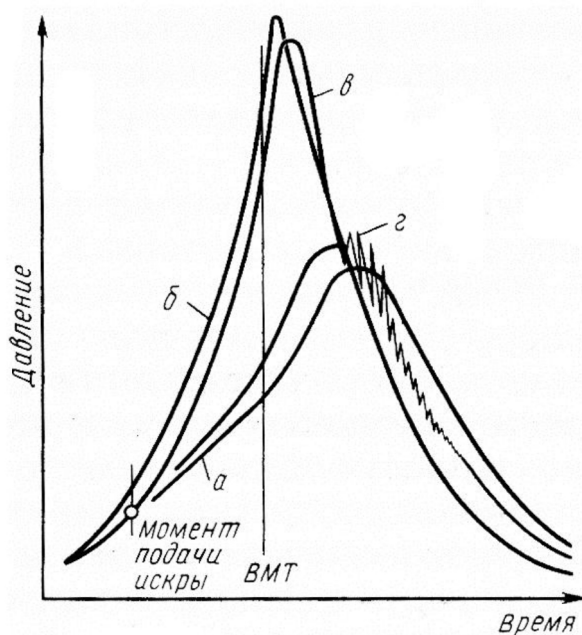


Рис. 27. Индикаторная диаграмма основных видов сгорания в двигателе с искровым зажиганием:

а — нормальное сгорание; *б*, *в* — калильное зажигание; *г* — детонационное сгорание

Нормальное горение – устойчивое распространение пламени в цилиндре со скоростью не более 100 м/с.

Детонационное горение (детонация) – взрывообразное горение, сопровождающееся ударными волнами давления со скоростью 1000...2000 м/с.

Детонация возникает в результате интенсивного нагрева и сжатия горючей смеси при распространении фронта пламени. Причиной детонации является образование перекисных соединений при окислении углеводородов топлива. При высоких давлениях и температуре перекиси разлагаются с выделением большого количества тепла со взрывом. Детонация происходит при критической концентрации перекиси для данных давления и температуры. Основным конструктивным фактором вызывающий детонацию – высокая степень сжатия смеси. Длительная работа двигателя с детонацией недопустима, вследствие большой тепловой и механической нагрузки.

Детонационная стойкость – способность бензина сопротивляться возникновению детонации.

Показатель детонационной стойкости – октановое число (ОЧ).

Октановое число – условная единица измерения детонационной стойкости. Численно равна объемной доле изооктана в смеси с нормальным гептаном, эквивалентной по детонационной стойкости данному бензину.

ОЧ изооктана = 100, ОЧ н. гептана = 0.

$$ОЧ = \frac{V_{\text{изооктан}}}{V_{\text{н.гептан+изооктан}}} \cdot 100\%$$

Методы определения октанового числа:

- а) моторный (ОЧМ) – имитирует работу двигателя с полной мощностью при длительных нагрузках (междугороднее движение);
- б) исследовательский (ОЧИ) – имитирует работу двигателя с пониженной нагрузкой и неполной мощностью (городское движение);
- в) фактический (ФОЧ) – испытания двигателя в реальных условиях эксплуатации.

ОЧМ и ОЧИ определяются в лабораторных условиях на специальных установках УИТ-65 (рис. 28, 28б).

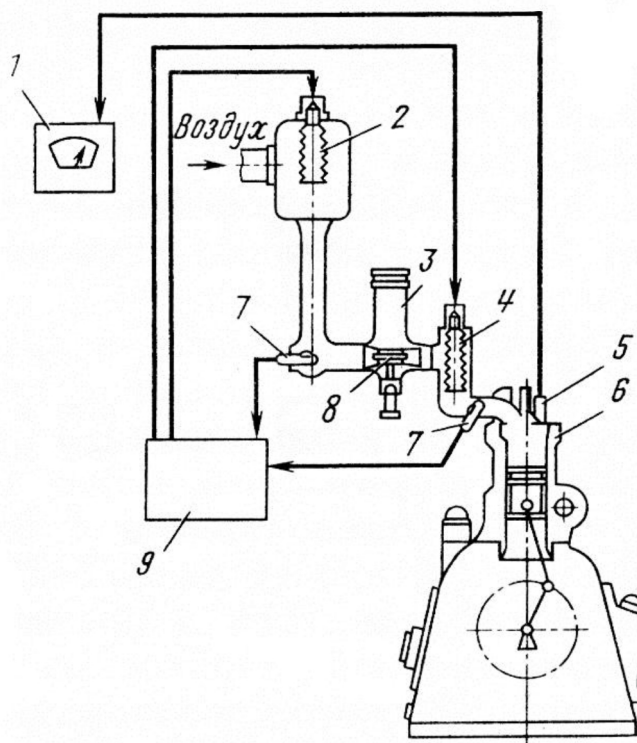


Рис. 28. Схема установки УИТ-65:
1 — измеритель детонации; 2 — подогреватель воздуха; 3 — бачок для топлива; 4 — подогреватель топливной смеси; 5 — датчик детонации; 6 — одноцилиндровый двигатель; 7 — датчики температуры; 8 — устройство смесеобразования; 9 — прибор для автоматической регулировки температуры

	Моторный метод	Исследовательский метод
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	900 ± 10	600 ± 6
Температура, °C:		
охлаждающей воды	100 ± 2	100 ± 2
воздуха перед карбюратором	40...50	52 ± 1
смеси	149 ± 1	$30 \dots 35$
		(смесь не подогревается)
Угол опережения зажигания, град до в. м. т.	Переменный, при степени сжатия $\epsilon = 5$ равен 26°	Постоянный, 13°

Рис. 28а. Показатели стандартного режима работы установки

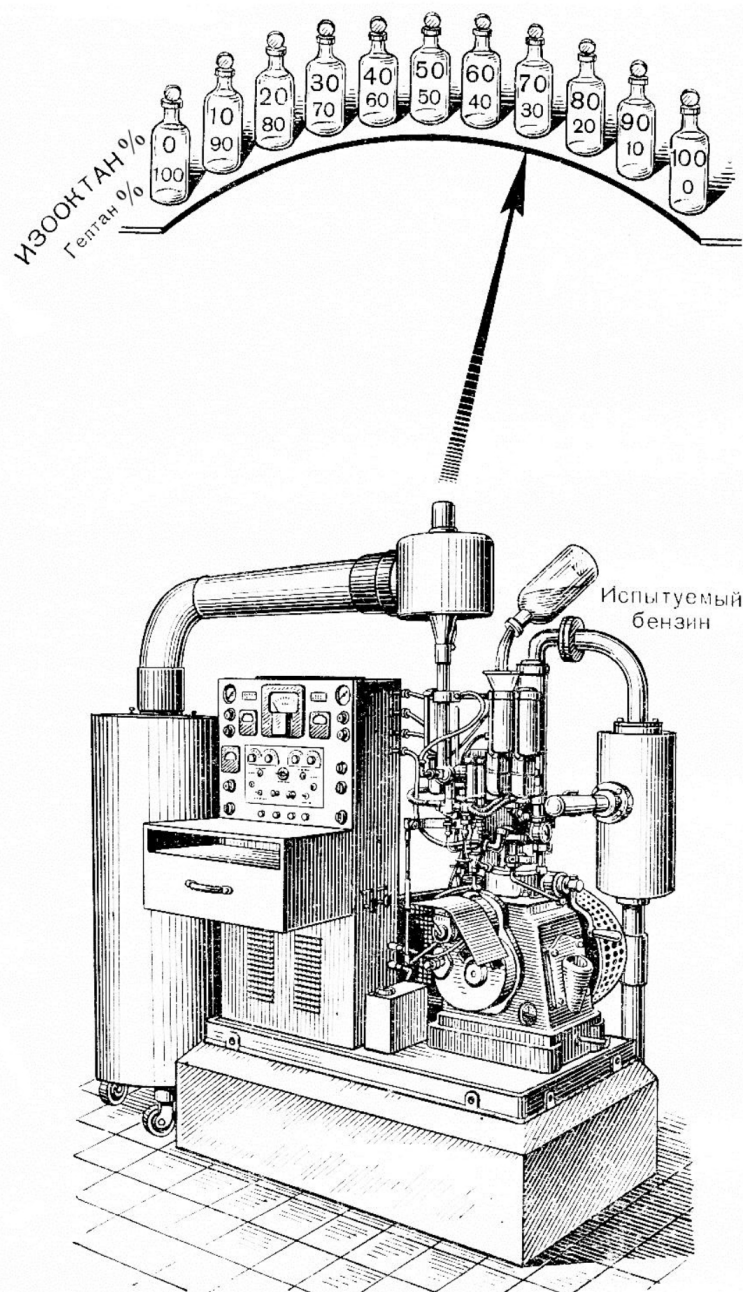


Рис. 28б. Схема определения октанового числа бензина

Если испытуемый бензин по своим антидетонационным свойствам оказался одинаковым с эталонным топливом, состоящим из 70% изоктана и 30% гептана, то октановое число испытуемого бензина равно 70

Таблица 3а

Детонационная стойкость углеводородов

Углеводороды	Октановое число в чистом виде, моторный метод
Парафиновые (алканы)	
<i>n</i> -Бутан	92
Изобутан	99
<i>n</i> -Пентан	62
Изопентан	90
<i>n</i> -Гексан	26
2,2-диметилбутан (изогексан)	93
2,3-диметилбутан	94
2-метилпентан	74
2,2-диметилпентан	89
2,2,3-триметилбутан (триптан) . . .	104
2,2,4-триметилпентан (изооктан) . .	100
<i>n</i> -Гептан	0
<i>n</i> -Октан	—20
Ароматические	
Бензол	106
Толуол	103
Этилбензол	98
<i>n</i> -Ксилол	103
<i>m</i> -Ксилол	103
<i>o</i> -Ксилол	100
Изопропилбензол	100
<i>n</i> -Пропилбензол	99
1,3,5-триметилбензол (мезитилен) .	—
<i>трет</i> -Бутилбензол	—
Тетралин	65
Нафтеновые (цикланы)	
Циклопентан	87
Метилциклопентан	80
Циклогексан	77
Метилциклогексан	72
Этилциклогексан	41
Декалин	38
Олефиновые (алкены)	
3-метилбутен-1	—
Пентен-1	—
Циклогексен	73
2,4,4-триметилпентен-1	86
Октен-2	55

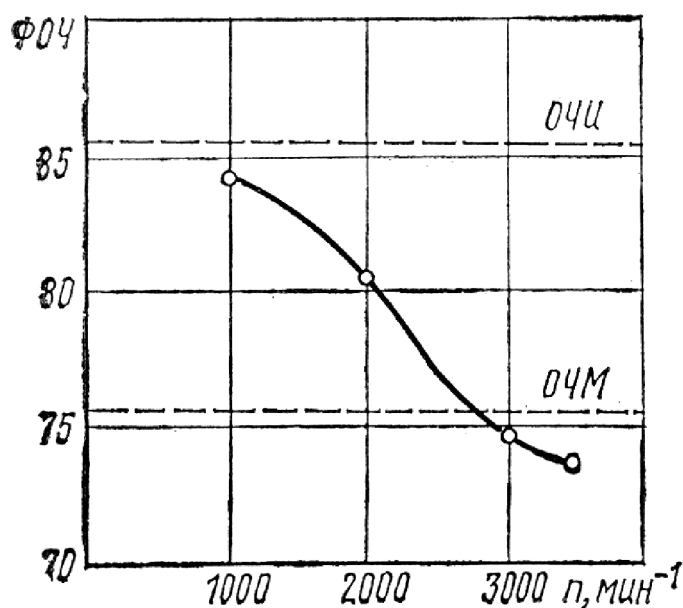


Рис. 29. Изменение фактического октанового числа бензина

Чувствительность бензина (разность ОЧИ и ОЧМ) – характеризует детонационную стойкость бензина на неустановившихся режимах работы ДВС.

Детонационная стойкость определяется фракционным составом топлива.

Повышение стойкости достигается:

- а) уменьшением количества углеводородов, образующих перекиси;
- б) введением специальных присадок, разрушающих перекиси.

9. Самовоспламеняемость топлив (для дизельных двигателей)

Параметр оценки самовоспламеняемости топлива – период задержки воспламенения (τ_3) – время от начала впрыска топлива до появления пламени.

Влияние τ_3 на процесс горения:

1. τ_3 больше оптимального: интенсивное горение смеси (большая часть топлива испаряется и перемешивается с воздухом), жёсткая работа двигателя, ударные нагрузки на двигатель.
 2. τ_3 меньше оптимального: ухудшение смесеобразования (топливо впрыскивается в продукты сгорания), снижение мощности и экономичности двигателя.
 3. τ_3 оптимальное: максимальная мощность и экономичность работы двигателя.
- τ_3 зависит от фракционного состава топлива.

Способность топлива к самовоспламенению количественно оценивается цетановым числом.

Цетановое число (ЦЧ) – условная единица измерения самовоспламеняемости топлива, численно равная процентному содержанию цетана $C_{16}H_{34}$ в его смеси с альфа – метилнафталином $C_{11}H_{10}$ эквивалентной по самовоспламеняемости испытываемому топливу (одинаковое τ_3).

Самовоспламеняемость цетана – 100 единиц (высокая).

Самовоспламеняемость альфа – метилнафталина – 0 единиц (низкая).

ЦЧ определяется экспериментально на специальных установках ИДТ – 69

Чем выше ЦЧ тем ниже ОЧ (и наоборот):

$$\text{ЦЧ} \approx 60 - \frac{\text{ОЧ}}{2}$$

Для нормальной работы двигателя $\text{ЦЧ}_{\text{опт}} = 45...50$

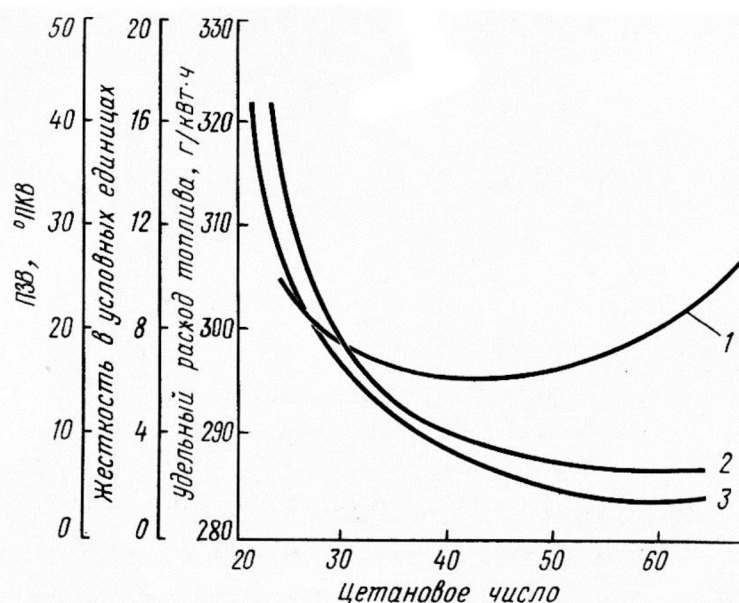


Рис. 30. Влияние воспламеняемости топлива на его расход (1), период задержки воспламенения (2) и жесткость работы (3) в дизельном двигателе

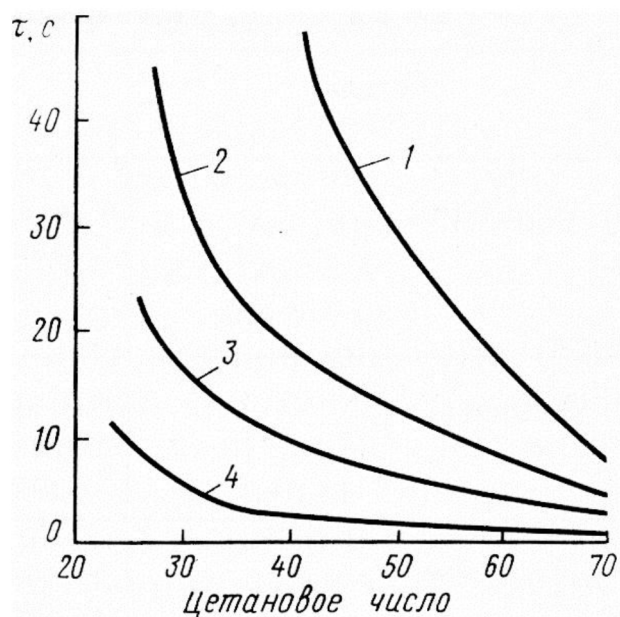


Рис. 31. Влияние воспламеняемости топлива на продолжительность холодного пуска дизеля (τ) при температурах окружающего воздуха:

1 — минус 10 °C; 2 — минус 7 °C; 3 — минус 1 °C; 4 — плюс 4 °C

Т а б л и ц а 4. Цетановые числа различных продуктов

Группа соединений	Наименование	Цетановое число
Парафины	Гептан	56,3
	Октан	63,8
	Гексадекан (цетан)	100
	Октадекан	102,6
Олефины	1-октен	40,5
	1-гексадецен (цетен)	84,2
	1-октодецен	90,0
Нафтены	Метилциклогексан	20,0
	Декалин	42,1
Ароматические углеводороды	α -метилнафталин	0
	Толуол	0
Нафтеновые фракции	140...160 °C	30
	250...270 °C	60
	330...350 °C	68
Кислосодержащие соединения	Метанол	3
	Этанол	8
	Метилтретбутиловый эфир	1,5

3.4 Ассортимент жидких топлив и присадки к ним

I. Бензины

Ассортимент бензинов и показатели качества определяют: ГОСТ 2084 – 77

Т а б л и ц а 5. Основные показатели качества автомобильных бензинов

Показатели	А-72		А-76		АИ-93		АИ-98
	летний	зимний	летний	зимний	летний	зимний	
Октановое число, не менее:							
по моторному методу	72		76		85		89
по исследовательскому методу	Не нормируется		Не нормируется		93		98
Содержание ТЭС, г/кг бензина, не более	Отсутствует		0,24		0,5		0,5
Фракционный состав, °С:							
начало разгонки при температуре не ниже	35	—	35	—	35	—	35
10% перегоняется при температуре не выше	70	55	70	55	70	55	70
50% перегоняется при температуре не выше	115	100	115	100	115	100	115
90% перегоняется при температуре не выше	180	160	180	160	180	160	180
конец разгонки при температуре не выше	195	185	195	185	195	185	195
Остаток, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Остаток + потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Давление насыщенных паров, гПа	Не более 670	670... 930	Не более 670	670... 930	Не более 670	670... 930	Не более 670
- Содержание фактических смол, мг на 100 мл бензина, не более:							
при производстве	5		5		5		5
при потреблении	10		10		7		7
Индукционный период, мин, не менее	600		900		900		900
Содержание серы, %, не более	0,12		0,1		0,1		0,1
Цвет	Бесцветный		Желтый		Оранжево-красный		Синий

Таблица 6

Технические требования к автобензинам по ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ 51866-2002

Показатель качества	ГОСТ Р 51105-97				ГОСТ 51866-2002	
	«Нормаль» 80»	«Регуляр» 92»	«Премиум» 95»	«Супер» 98»	«Регуляр» Евро-92»	«Премиум» Евро-95» «Супер» Евро-98»
Октановое число, не менее						
Моторный метод	76,0	83,0	85,0	88,0	85,0	88,0
Исследовательский метод	80,0	92,0	95,0	98,0	95,0	98,0
Содержание свинца, г/дм ³ , не более	0,010				0,005	
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более	5,0				5,0	
Индукционный период бензина, мин, не менее	360				360	
Массовая доля серы, % не более	0,05				0,015	
Объемная доля бензола, % не более	5				1	
Испытание на медной пластинке	Выдерживает, класс I				Класс I	
Внешний вид	Чистый, прозрачный				Чистый, прозрачный	
Плотность при 15 °С, кг/м ³	700—750	725—780	725—780	725—780	720—775	

Таблица 7

Характеристики испаряемости бензинов всех марок

Показатели	ГОСТ Р 51105-97				
	КЛАСС				
	1	2	3	4	5
Давление насыщенных паров бензина, кПа	35–70	45–80	55–90	60–95	80–100
Фракционный состав: Температура начала перегонки, °С, не ниже	35	35	Не нормируется		
Пределы перегонки, °С, не выше					
10%	75	70	65	60	55
50%	120	115	110	105	100
90%	190	185	180	170	160
конец кипения, °С, не выше			215		
объемная доля остатка в колбе, %			2		
остаток и потери, %			4		
или объем испарившегося бензина, %, при температуре:					
70 °С	15–45	15–45	15–47	15–50	15–50
100 °С	35–65	40–70	40–70	40–70	40–70
180 °С	85	85	85	85	85
Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300

Показатели	ГОСТ Р 51866-2002					
	КЛАСС					
	A	B	C и C1	D и D1	E и E1	F и F1
Давление насыщенных паров (ДНП), кПа:						
не менее	45	45	50	60	65	70
не более	60	70	80	95	100	
Фракционный состав:						
Объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:						
70 °С (И 70)	20–48	20–38	22–50	22–50	22–50	22–50
100 °С (И 100)	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71
Максимальный индекс паровой пробки (ИПП) ИПП = 10 ДНП + 7 (И 70)	-	-	1050	1150	1200	1250

Таблица 8

**Характеристики бензинов с улучшенными
экологическими показателями**

Показатели	ТУ 38.401-58-171-96				ТУ 38.301-25-41-97	
	АИ-80 ЭК	АИ-92 ЭК	АИ-95 ЭК	АИ-98 ЭК	ЯрМарка 92Е	ЯрМарка 95Е
Октановое число, не менее, по методу: моторному	76,0	83,0	85,0	88,0	83,0	85,0
исследовательскому	80,0	92,0	95,0	98,0	92,0	95,0
Содержание свинца, г/дм ³ не более	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Фракционный состав: объем испарившегося бензина,%, при температуре:						
70 °С	10–50	15–50	15–50	15–50	15–50	15–50
100 °С	35–70	40–70	40–70	40–70	40–70	40–70
180 °С	> 85	> 85	> 85	> 85	> 85	> 85
конец кипения бензина, °С, не выше	215	215	215	215	215	215
остаток в колбе, %(об.), не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа:						
летний период с 1 апреля по 1 октября	35–70	35–70	35–70	35–70	35–70	35–70
зимний период с 1 октября по 1 апреля	-	-	-	-	60–100	60–100
Индекс паровой пробки, не более:						
летний период	950	950	950	950	950	950
зимний период	1250	1250	1250	1250	1250	1250
конец кипения бензина, °С, не выше	215	215	215	215	215	215
остаток в колбе, %(об.), не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа:						
летний период с 1 апреля по 1 октября	35–70	35–70	35–70	35–70	35–70	35–70
зимний период с 1 октября по 1 апреля	-	-	-	-	60–100	60–100
Индекс паровой пробки, не более:						
летний период	950	950	950	950	950	950
зимний период	1250	1250	1250	1250	1250	1250

Присадки к бензинам.

1. Антидетонаторы – повышение детонационной стойкости.

а) Тетраэтилсвинец (ТЭС) – $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ - при высоких температурах образует двуокись свинца, которая разрушает перекиси, вызывающие детонацию.

Этиловая жидкость – смесь ТЭС с выносителем.

Выноситель – вещество, образующее соединение со свинцом и удаляющее его из двигателя.

Этилированные бензины - бензины с добавками этиловой жидкости. Основной недостаток – высокая токсичность и химическая нестабильность. В настоящее время имеют ограниченное применение.

б) Тетраметилсвинец (ТМС).

в) Циклопентадиенилтрикарбонил марганца (ЦТМ) $\text{C}_5\text{H}_5\text{Mn}(\text{CO})_3$

2. Антикалильные – повышение температуры воспламенения, для предотвращения калильного зажигания.

3. Антиокислительные – повышение химической стабильности.

4. Антиобледенительные – присадки, препятствующие образованию льда из воды, растворенной в бензине (пример: спирты).

5. Моющие - удаление отложений в системе питания.

II Дизельные топлива

Таблица 9 Основные показатели качества дизельных топлив, выпускаемых в соответствии с ГОСТ 305-82

Наименование показателя	Л	З	А
Цетановое число, не менее:	45	45	45
Фракционный состав, °С:			
$t_{50\%}$, не выше	280	280	255
$t_{96\%}$ (конец перегонки), не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,0–6,0	1,8–5,0	1,5–4,0
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	–5	–25	–
холодной	–	–35	–
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	–10	–35	–2
холодной	–	–45	–55
Массовая доля серы, %, не более:			
в топливе вида 1	0,2	0,2	0,2
в топливе вида 2	0,5	0,5	0,4
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С, не ниже для дизелей общего назначения	40	35	30
Концентрация фактических смол, мг/100 см ³ , не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	5	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	860	840	830

Таблица 10 Характеристики экологически чистых дизельных топлив, выпускаемых в соответствии с ТУ 38.1011348-90

Наименование показателя	ДЛЭЧ-В	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
Цетановое число, не менее:	45	45	45
Фракционный состав, °С:			
$t_{50\%}$, не выше	280	280	280
$t_{96\%}$ (конец перегонки), не выше	360	360	340
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,0–6,0	3,0–6,0	1,8–5,0
Температура, °С, не выше:			
застывания	–10	–10	–35
предельной фильтруемости	–5	–9	–25
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже для дизелей общего назначения	62	62	40
Массовая доля серы, %, не более:			
в топливе вида 1	0,05	0,05	0,05
в топливе вида 2	0,1	0,1	0,1
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Кислотность, мг КОН/100 см ³ топлива, не более	5,0	5,0	5,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,2	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2	2	2
Содержание механических примесей и воды	Отсутствуют		
Содержание ароматических углеводородов, %, не более	20	–	10
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	860	860	840

а) дизельные топлива для быстроходных дизелей (автомобильных)

«Л» - летнее	$t_H > 0^{\circ}\text{C};$
«З» - зимнее	$-30^{\circ}\text{C} < t_H < 0^{\circ}\text{C};$
«А» - арктическое	$-50^{\circ}\text{C} < t_H < 0^{\circ}\text{C}.$

Летнее Л – 0,2 – 40 содержание серы (0,2%) температура вспышки (40 °С)

Зимнее З – 0,5 – 45 содержание серы (0,5%) температура застывания (- 45 °С)

ДТ – для дизелей не оборудованных системой топливоподготовки;
ДМ (мазут) - для судовых дизелей с системой топливоподготовки;

ТЗ – тепловозное зимнее;
ТЛ – тепловозное летнее.

1. Активирующие – улучшение воспламеняемости и повышение цетанового числа (кислородосодержащие соединения образующие перекиси, ускоряющие химическую реакцию горения).

2. Депрессорные – понижение температуры застывания и улучшение прокачиваемости топлив (сополимеры этилена с винилацетатом).

3. Антидымные - уменьшение частиц образующейся сажи и более полное ее сгорание (соединения бария).

3.5 Альтернативные виды топлив

I. Газовые топлива

1. Сжиженный нефтяной газ (СНГ)

Ассортимент: ПА – пропан автомобильный;

ПБА – пропан-бутан автомобильный;

СПБТЗ - смесь пропана и бутана техническая зимняя;

СПБТЛ - смесь пропана и бутана техническая летняя.

Таблица 8 Характеристики сжиженного нефтяного газа, выпускаемого по ГОСТ 27578–87

Наименование показателя	Марка газового топлива	
	Зимнее ПА	Летнее ПБА
Массовая доля компонентов, %: пропан непредельные углеводороды, не более	90±10 6	50±10 6
Избыточное давление насыщенных паров, МПа при температуре: +45 °С, не более –35 °С, не менее –20 °С, не менее	1,6 0,07 -	1,6 - 0,07
Массовая доля серы и сернистых соединений, %, не более: в том числе сероводорода, %, не более	0,01 0,003	0,01 0,003
Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствуют	

Таблица 9 Характеристики сжиженного газа, выпускаемого в соответствии с ГОСТ 20448–90

Наименование показателя	Марка газового топлива	
	СПБТЗ	СПБТЛ
Массовая доля компонентов, %: пропан и пропилен, не менее бутаны и бутилен, не более метан, этан, этилен, не более	75 20 4	34 60 6
Избыточное давление насыщенных паров, МПа при температуре: +45 °С, не более –20 °С, не менее	1,6 0,16	1,6 -
Содержание сероводорода, %, не более	5	5
Содержание общей серы, %, не более	0,015	0,015
Жидкий остаток, %, при температуре 20 °С, не более	1	2
Запах должен ощущаться при содержании газа, %	0,5	0,4

2. Сжатый природный газ (СПГ).

В качестве СПГ используется газообразный метан, т.к. у метана $t_{\text{кип}} = -162^{\circ}\text{C}$ и в жидком виде он может храниться только в криогенных емкостях.

Таблица 10 Характеристики природного топливного сжатого газа для автомобилей, выпускаемого в соответствии с ГОСТ 27577–2000

Наименование показателя	Численное значение
Теплота сгорания объемная, МДж/м ³	32,6–36,0
Относительная плотность газа в газообразном состоянии по отношению к воздуху, кг/м ³	0,56–0,62
Расчетное октановое число (ОЧ), не менее	105
Концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,02
Концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,036
Масса механических примесей, мг/м ³ , не более	1,0
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, включая кислород, %, не более	7,0
Содержание воды, мг/м ³ , не более	9,0

Достоинства газовых топлив:

- высокая детонационная стойкость;
- малый выброс токсичных веществ;
- увеличение ресурса двигателя;
- увеличение срока смены масла.

Недостатки газовых топлив:

- плохие пусковые свойства (высокая $t_{\text{воспл}}$): $-10^{\circ}\text{C} \dots -5^{\circ}\text{C} < t_{\text{зап}}$;
- снижение мощности двигателя - СНГ: 6...8%; СПГ: 15...20%;
- увеличение расхода топлива (~10...12%).

II. Прочие виды топлив

1. Газоконденсатные топлива - топливо, получаемое прямой перегонкой газовых конденсатов (керосиновые и соляровые фракции нефти, добываемые одновременно с природным газом). Применяются в дизельных двигателях в районах газоконденсатных месторождений.

Ассортимент:

- ГШЗ - газоконденсатное широкофракционное зимнее: $-30^{\circ}\text{C} < t_{\text{H}} < -5^{\circ}\text{C}$;
- ГШЛ – газоконденсатное широкофракционное летнее: $-5^{\circ}\text{C} < t_{\text{H}}$.

Т а б л и ц а 11. Показатели качества газоконденсатных топлив

Показатели	Норма для топлива марки	
	ГШЗ	ГШЛ
Цетановое число, не менее	40	42
Фракционный состав, °С:		
начало разгонки при температуре не ниже	—	90
10% перегоняется при температуре не ниже	120	120
50% перегоняется при температуре не выше	260	260
96% перегоняется при температуре не выше	340	360
Кинематическая вязкость при 20° С, мм ² /С, не менее	1,45	2,0
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:		
умеренной	—35	—15
холодной	—45	—
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:		
умеренной	—25	—5
холодной	—35	—
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не выше	12	15

Примечание. По остальным показателям качество топлив соответствует требованиям ГОСТ 305—82.

2. Спиртовые топлива: метанол и этанол.

Достоинства:

- высокая детонационная стойкость;
- большой диапазон устойчивого горения;
- высокая полнота сгорания и низкий уровень вредных выбросов;
- высокая теплота сгорания горючей смеси.

Недостатки:

- высокий расход топлива;
- низкие пусковые свойства;
- коррозионная активность.

Таблица 12 **Физико-химические и эксплуатационные свойства перспективных и современных топлив для автомобильных двигателей**

Параметры свойств	Синтетические спирты		МТБЭ	Водород	Сжатый газ метан	Компоненты сжиженного газа		Бензин
	Метанол	Этанол				Пропан	Бутан	
Молекулярная масса	32,04	46,07	–	2,016	16,03	4,06	58,04	107,0
Теплота сгорания (низшая) удельная, МДж/кг	19,3	29,75	–	120	49,85	45,97	45,44	44,0
Теплота сгорания горючей смеси при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1$, МДж/м ³	–	3,535	–	–	3,23	3,46	3,5	3,45–3,56
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания топлива в газообразном состоянии, кг/кг	6,463	8,85	–	34,5	–	15,7	15,35	14,9
Температура воспламенения топлива в воздухе при атмосферном давлении, °С	743	426	421	547–637	685–747	507–577	475–547	470–530
Температура кипения при давлении 100 кПа, °С	64,7	78,3	51–62	–252,7	–161,5	–42,1	–0,5	33–188
Октановое число (по моторному методу)	90–94,6	94	101	–	110	–	93	85

4. Моторные масла

4.1 Требования, предъявляемые к моторным маслам.

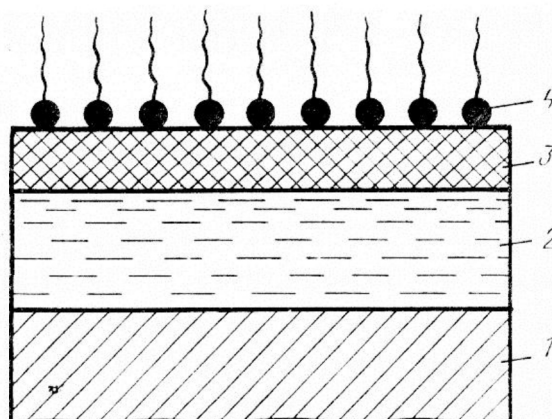
1. Образование и удержание прочных масляных пленок на трущихся поверхностях.
2. Охлаждение трущихся деталей.
3. Вынос продуктов износа из зон трения.
4. Уплотнение зазоров в сопряжениях.
5. Большой срок службы.
6. Малая токсичность.
7. Низкая стоимость и широкая доступность.

4.2 Общие понятия о трении и износе

Трибология - наука изучающая взаимодействие трущихся поверхностей.

Рис. 32. Поверхностные слои смазанного металла:

1 — объемная структура металла;
2 — зона деформированного металла;
3 — оксидная пленка;
4 — адсорбированные слои газов, воды, молекул масла



Адсорбированный слой — удерживается за счет межмолекулярных (физических) сил.

Хемосорбированный слой (оксидная пленка) — удерживается за счет внутримолекулярных (химических) сил.

Виды трения по наличию смазки

1. Трение без смазки (сухое трение, ювенильное трение) - отсутствие смазки между поверхностями трения.

Высокая температура в зоне контакта вызывает схватывание и сваривание металла, что приводит к задирам (повреждение поверхности в глубине в результате сваривания и последующего разрушения).



Рис. 33. Трение без смазочного материала

2. Граничное трение (граничная смазка) - между трущимися поверхностями имеется тонкая пленка масла. При разрушении пленки наступает сухое трение.

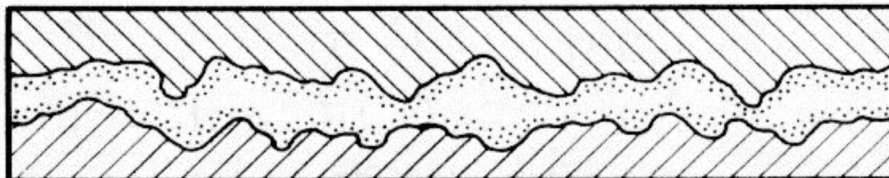


Рис. 34. Граничное трение

3. Полужидкостное трение (граничная смазка) — между трущимися поверхностями недостаток масла и выступающие поверхности находятся в условиях граничного трения.

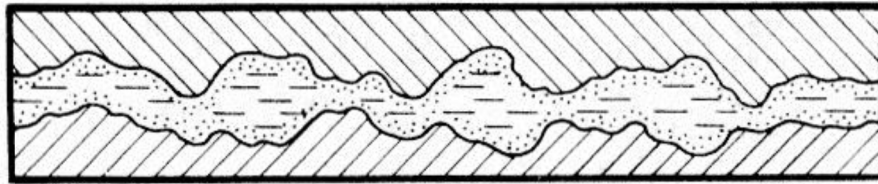


Рис. 35. Полужидкостное трение

4. Жидкостное трение (гидродинамическое) — пространство между поверхностями трения полностью заполнено маслом.

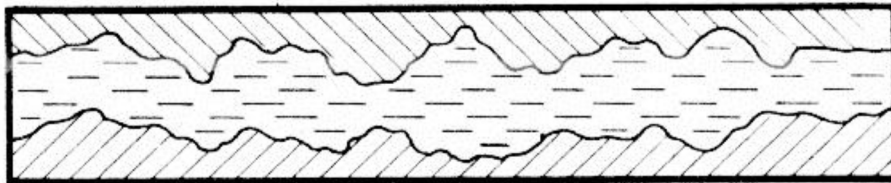


Рис. 36. Жидкостное трение

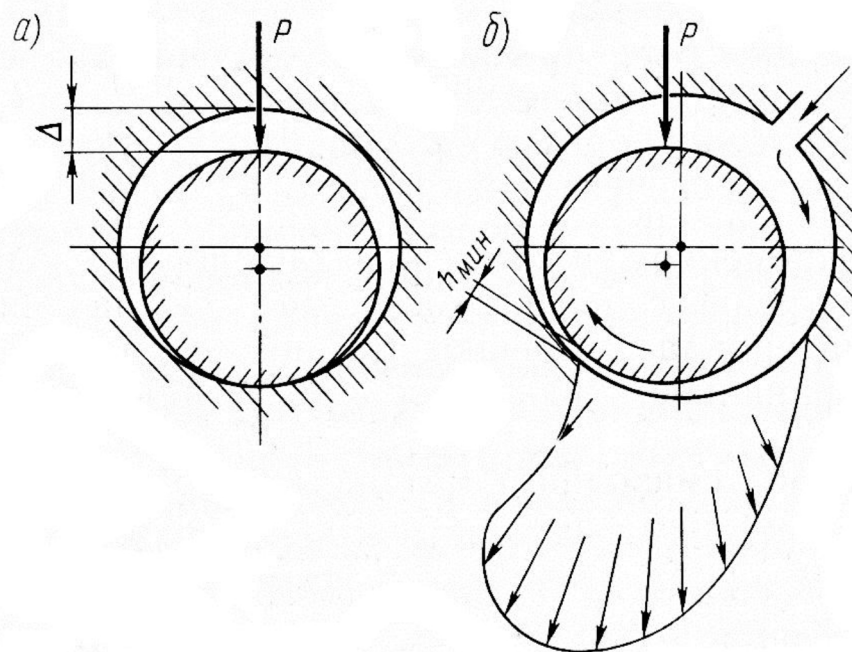


Рис. 37. Схема образования масляного клина в условиях гидродинамического смазывания узла вал — подшипник:

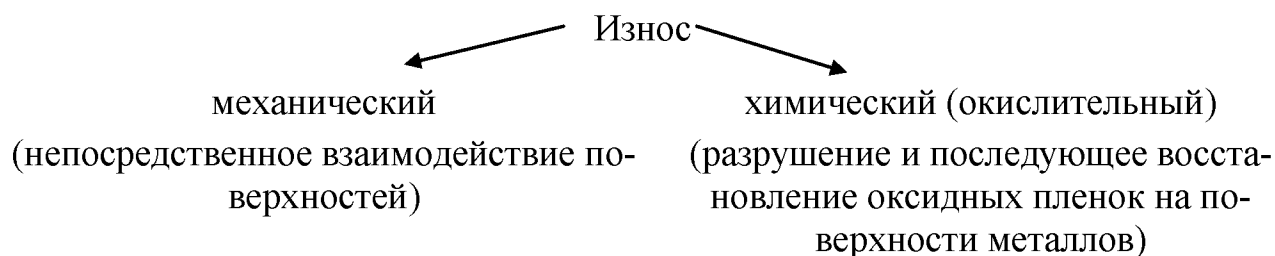
а — вал в нерабочем положении; *б* — действие гидродинамических сил

На рис. 37 показана схема, которая упрощенно показывает механизм процесса гидродинамической смазки узла вал—подшипник скольжения. В нерабочем положении вал под действием собственного веса и постоянной нагрузки занимает эксцентричное положение (рис. 37,а). При этом по обе стороны вала образуются клиновидные щели, а в верхней части максимальный зазор. При вращении вала тонкий слой масла, адсорбированный поверхностью металла, увлекает собой последующие слои и нагнетает их в суженную часть клиновидного зазора. Так как масло практически несжимаемо, оно стремится к растеканию в продольном направлении и по направлению вращения вала. Ограниченность зазоров препятствует свободному истечению масла, и в результате создается гидродинамическое давление, воздействующее на вал. Вал припод-

нимается и смещается в сторону вращения (рис. 37, б). Равновесное состояние вала в подшипнике наступает тогда, когда проходное сечение достаточно для пропуска части масла. Гидродинамическое давление обеспечивает разделение поверхностей вала подшипника, и трение между их поверхностями заменяется внутренним трением слоев масла.

Гидродинамический режим смазывания нарушается при работе двигателя в случаях резких колебаний нагрузок, попадания в зазор твердых частичек, изменения заданной геометрической формы вала, деформированности узла, изменения вязкости масла.

Масляное голодание – недостаточная подача масла на поверхностях трения.



- фрикционный: взаимодействие поверхностей;
- абразивный: взаимодействие твердых примесей;
- эрозионный: воздействие струи жидкости (газа) на стенку;
- кавитационный: воздействие кавитации;
- усталостный: воздействие знакопеременных нагрузок.

Маслосъемность поверхности трения - способность поверхности задерживать масло.

4.3 Свойства моторных масел

1. Вязкостные свойства – зависимость вязкости масла ν от температуры t и давления P

а) вязкостно – температурная характеристика (ВТХ)

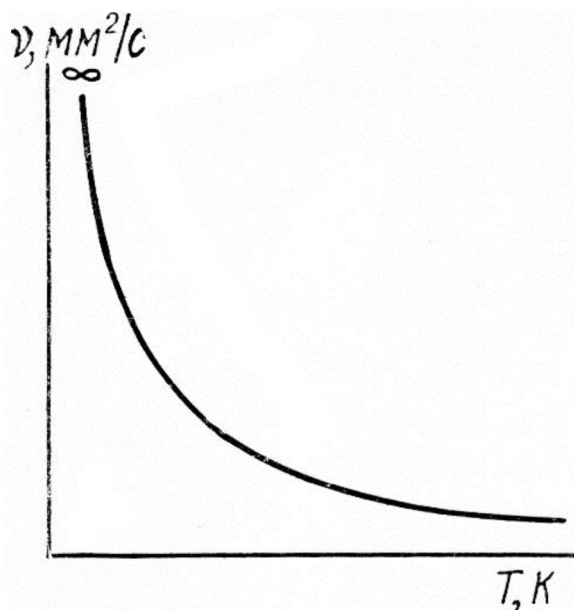


Рис. 37а. Принципиальная вязкостно-температурная характеристика масла

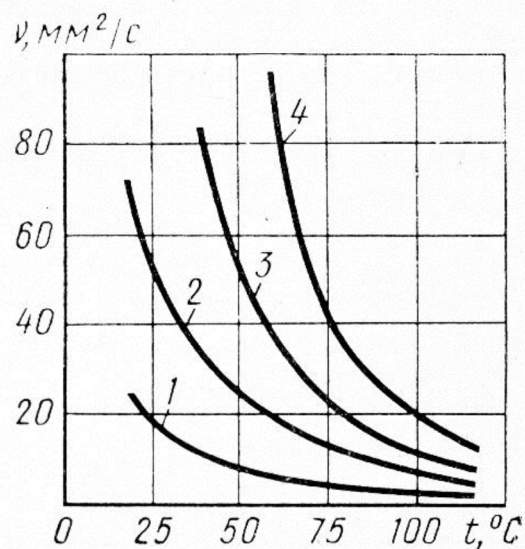


Рис. 37б. Вязкостно-температурная характеристика моторных масел, имеющих вязкость при 100° С:

1 – 2,5 мм²/с; 2 – 6 мм²/с; 3 – 10 мм²/с; 4 – 20 мм²/с

$$F = \mu S \frac{d\vartheta}{dy};$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \text{ мм}^2/\text{с (1 сСт)}.$$

Условная вязкость – время истечения жидкости из какого либо вискозиметра.

Критическая вязкость – максимальная вязкость, при которой возможен запуск ДВС.

Рабочая вязкость – вязкость при $t=100^\circ\text{C}$.

Температура застывания - температура, при которой масло теряет подвижность.

Определение индекса вязкости

Индекс вязкости (ИВ) - условная величина, характеризующая пологость ВТХ. Чем выше ИВ тем положе ВТХ. Определяется сравнением с 2-мя эталонными маслами ИВ $\approx 90 \dots 140$ ед.

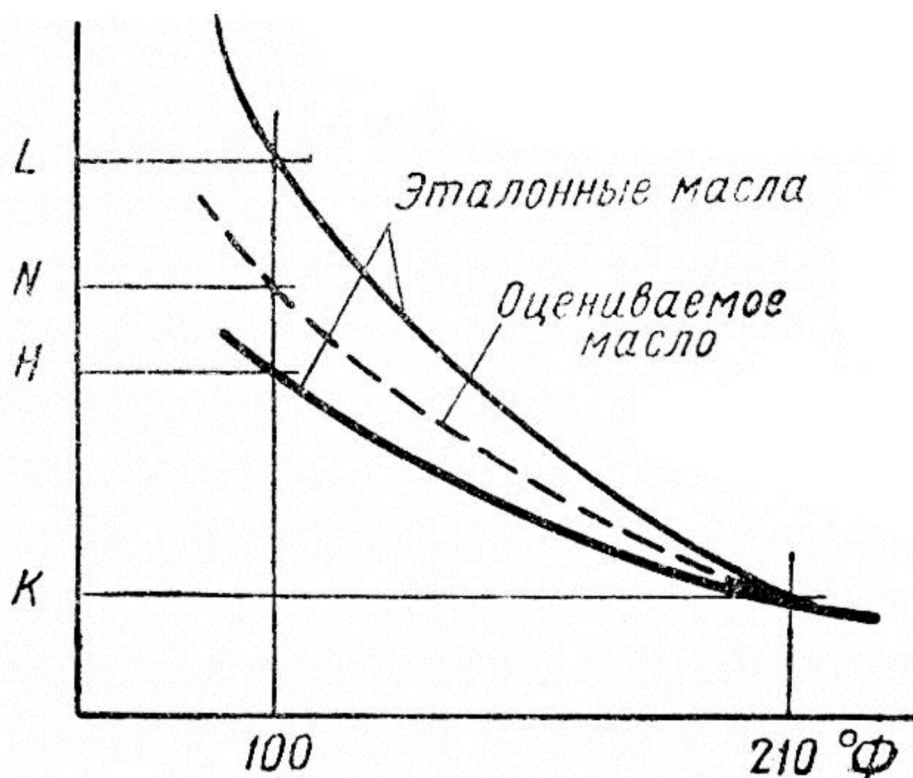


Рис. 38. Принцип оценки вязкостно-температурных свойств масел индексом вязкости ИВ.

$$ИВ = 100 \frac{v_L - v_N}{v_L - v_H}$$

(вязкость в секундах Сейболта)

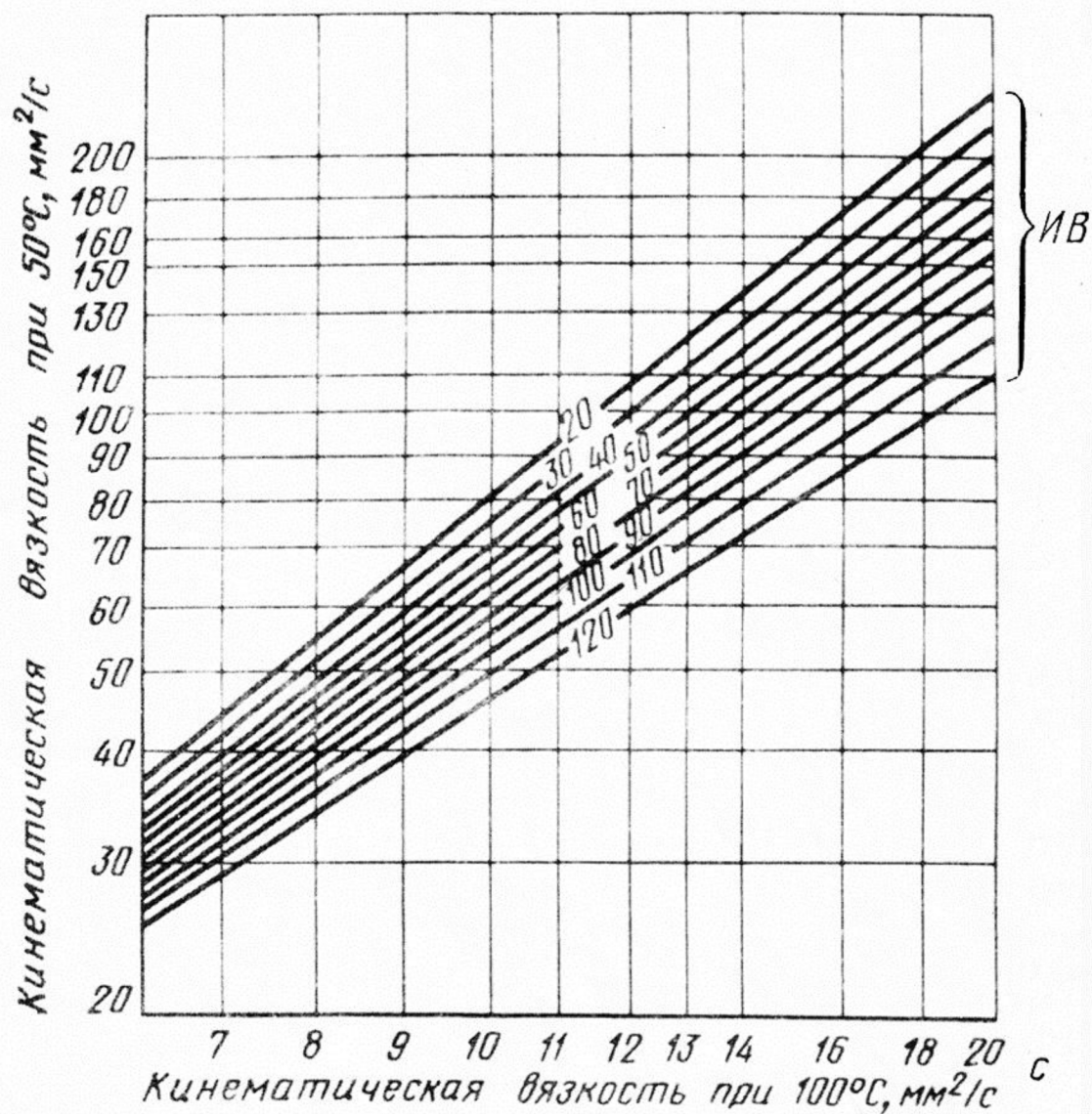


Рис. 39. Номограмма для определения индекса вязкости моторного масла.

Уравнение Вальтера $\lg \lg(v_t + 0,8) = A + B \lg T$,
 где $A, B = \text{const}$.

Прокачиваемость - расход масла через узел трения (чем больше вязкость, тем хуже прокачиваемость).

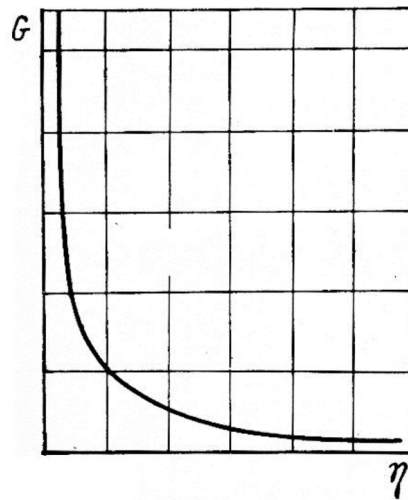
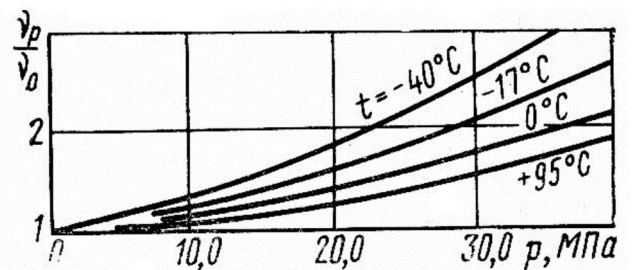


Рис. 40. Зависимость прокачиваемости масла в системе смазки от динамической вязкости масла η

б) зависимость вязкости ν от давления

Рис. 41. Зависимость вязкости нефтяного масла от давления:
 ν_0 и ν_p — кинематическая вязкость масла при давлениях 0,1 МПа и p соответственно



С увеличением давления вязкость возрастает по экспоненте:

$$\nu = \nu_0 e^{\alpha p}$$

где ν — вязкость при $p_0 = 0,1$ МПа;

$\alpha = 0,23 \dots 0,03$ — коэффициент;

p — давление, МПа.

Формула Гуревича: $\nu \approx \nu_0(1 + k \cdot p)$,

где $k = 0,025$ для нефтяных масел.

2. Смазывающие свойства - сочетание антифрикционных, противоизносных и противозадирных свойств.

Антифрикционные свойства - свойства, определяющие силу трения деталей.

Противоизносные свойства - свойства, определяющие износ деталей.

Противозадирные свойства – свойства, предохраняющие детали от задиrow и заеданий в условиях больших температур и давлений.

Методы определения смазывающих свойств:

- эксплуатационные: замер износа деталей в процессе эксплуатации;
- лабораторные: определение смазывающих свойств на специальных установках.

Результаты лабораторных испытаний могут значительно расходиться с эксплуатационными, поэтому лабораторные методы используют для предварительного подбора масел.

Наиболее распространенный лабораторный метод - метод четырехшариковой машины трения (ЧШМ) (рис. 42).

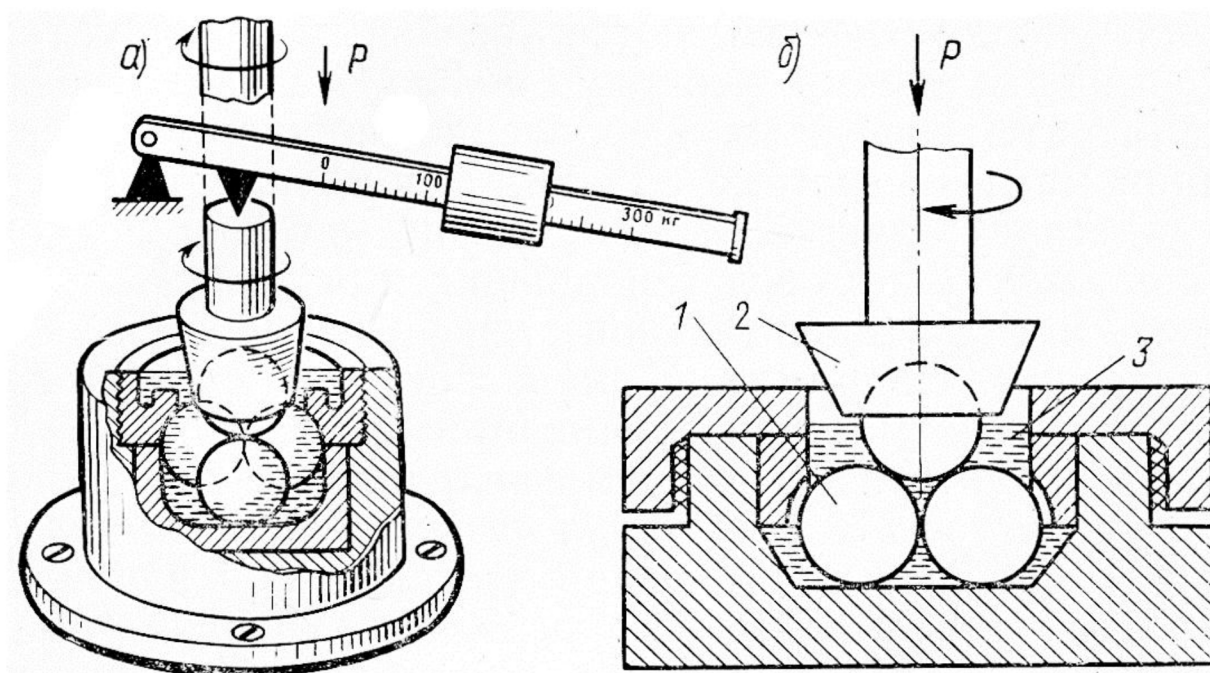


Рис. 42. Четырехшариковая машина трения (а) и рабочий узел машины трения (б):

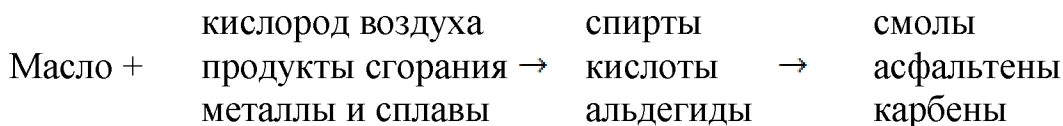
1 — неподвижный шарик; 2 — вращающийся шпиндель с неподвижным шариком; 3 — испытуемое масло

$P = \text{до } 800 \text{ кг};$
 $n = 1500 \text{ об/мин};$
 $D = 1/2'' (12,7 \text{ мм}).$

Критерии оценки смазывающих свойств:

- износ шариков (D_i);
- критическая нагрузка (P_k) - характеризует появление задиров;
- нагрузка сваривания (P_c) - предельная работоспособность масла;
- индекс задира (I_z) - способность масла снижать повреждения деталей вследствие задира.

3. Антиокислительные свойства (химическая стабильность) - способность масла сопротивляться окислению.



Скорость окисления и характер конечных продуктов определяются:

- составом масла;
- температурой и давлением реакции;
- площадью соприкосновения масла с окислителем;
- наличием катализаторов.

Метод оценки антиокислительных свойств – продувка масла кислородом или воздухом при повышенной температуре в присутствии катализатора (или без него). Сравниваются физико-химические свойства масла до продувки и после.

4. Моющие свойства – способность масла обеспечивать чистоту деталей работающего ДВС.

Примечание: термин «моющие» является условным, т.к. масло не смывает нагар с деталей, а препятствует его образованию и осаждению на детали путем растворения.

Моющие свойства характеризуются диспергирующей способностью – способность масла препятствовать слипанию смолистых частиц и удерживать их во взвешенном состоянии.

Метод определения диспергирующей способности (ДС) – метод "масляного пятна" (бумажной хроматографии):

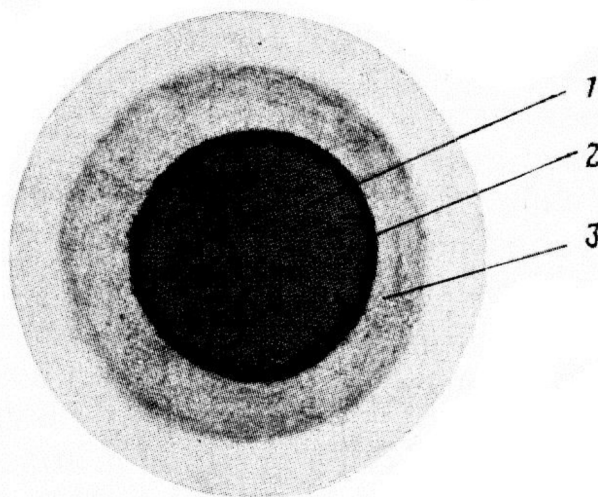


Рис. 43. Схема масляного пятна (метод бумажной хроматографии):
1 — центральное ядро; 2 — кольцевая зона; 3 — зона диффузии

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2} = 0 \dots 1, 0.$$

где d — диаметр кольцевой зоны,

D — диаметр зоны диффузии.

Чистые минеральные масла не обеспечивают моющего действия, поэтому к ним добавляют специальные моющие присадки.

5. Антикоррозионные свойства — способность масла препятствовать коррозии.

а) коррозионная агрессивность — способность масла вызывать коррозию, оценивается кислотным (щелочным) числом: масса щелочи КОН (едкий калий) в мг, которая нейтрализует кислоты, содержащиеся в 1 г масла.

б) коррозионная стойкость — оценивается по потере массы свинцовой пластинки (г/м^2) погруженной в нагретое масло.

6. Физическая стабильность — способность масла сохранять фракционный состав.

Оценка физической стабильности производится по косвенным параметрам, т.к. экспериментальное определение фракционного состава затруднено — разгонка производится под вакуумом (во избежание термического разложения).

Параметры оценки физической стабильности:

а) температура вспышки паров ($t_{\text{всп}}$) — минимальная температура, до которой необходимо нагреть масло, чтобы его пары воспламенить от открытого

пламени (рис.44). Чем ниже температура вспышки паров, тем легче испаряется масло.

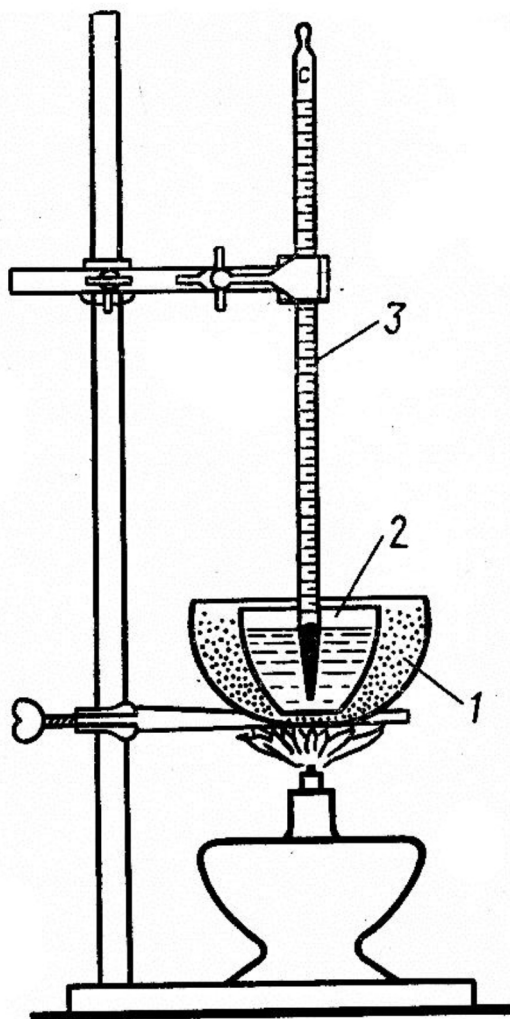


Рис. 44. Открытый тигель для определения температуры вспышки масел:

1 — песочная баня; 2 — тигель; 3 — термометр

б) температура воспламенения ($t_{\text{воспл}}$) — минимальная температура, до которой необходимо нагреть масло, что бы оно загорелось с поверхности. Чем ниже $t_{\text{воспл}}$, тем больше в масле легких фракций.

в) потери от испарения - потеря массы масла в результате пропускания воздуха.

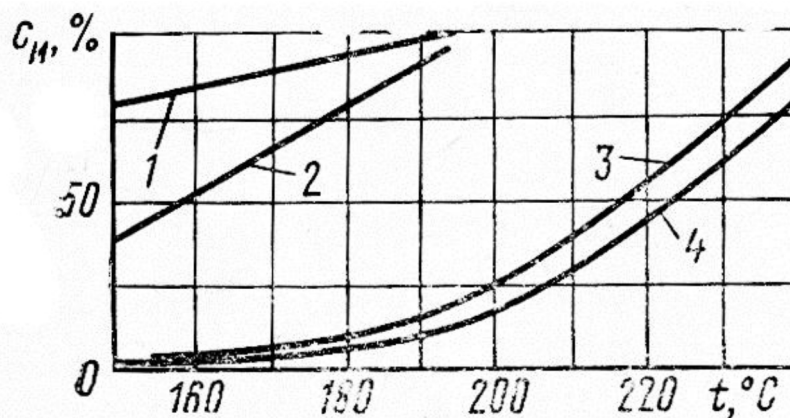


Рис.45. Испаряемость c_n масел по температуре:

1, 2 — нефтяные масла; 3, 4 — синтетические масла на основе диэфиров

4.4 Присадки к моторным маслам

Для улучшения эксплуатационных свойств масел к базовым маслам добавляют специальные вещества — присадки. Присадки улучшают природные свойства масел и придают им ранее не присущие свойства, например, моющие.

1. Вязкостные присадки (в основном полиизобутилен) добавляют (2...5%) в маловязкие масла для загущения - обеспечения достаточной вязкости при рабочих температурах (рис. 46).

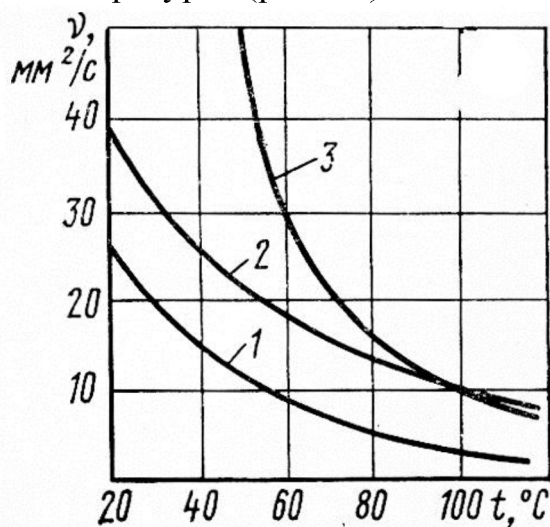


Рис.46. Влияние вязкостной присадки на вязкость масла при различных температурах:

1 — маловязкое масло; 2 — то же, масло с вязкостной присадкой (загущенное масло); 3 — дистиллятное масло, равновязкое при 100° С загущенному маслу

2. Депрессорные присадки (депрессаторы) понижают температуру застывания масла (содержание 0,5% $\rightarrow \Delta t = 15 \dots 20$ к).

Молекулы депрессора обволакивают кристаллы и препятствуют образованию кристаллической решетки.



Рис.47. Действие депрессорной присадки на масло с высоким содержанием парафина:
а — без присадки; б — с 1,5% присадки

3. Моющие присадки — препятствуют осаждению углеродистых частиц на детали двигателя и препятствуют их укрупнению (добавка до 20%).

Моющие присадки обволакивают частицы и держат их во взвешенном состоянии (рис. 48).

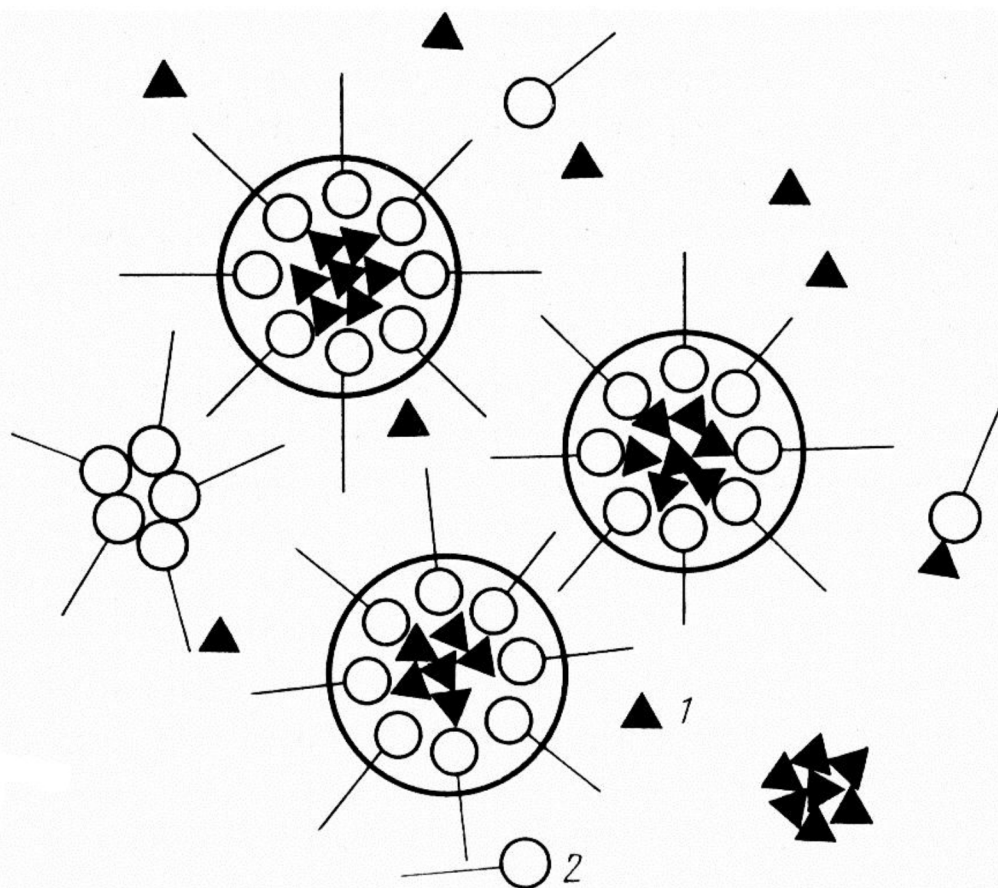


Рис. 48. Схема механизма действия моющей присадки:
 1 — продукты окисления масла; 2 — молекулы моющей присадки

4. Антиокислительные присадки - повышают химическую стабильность масел.

Присадки обрывают на начальном этапе реакции окисления и снижают каталитическое влияние металлов (рис. 49).

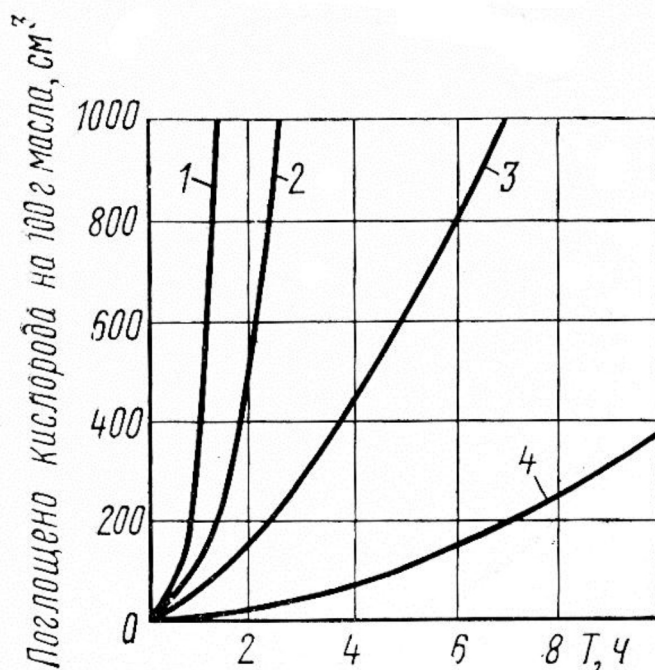


Рис. 49. Поглощение кислорода моторным маслом:

1 — в присутствии меди; 2 — в присутствии стали; 3 — без металла; 4 — в присутствии стали при наличии антиокислительной присадки; T — продолжительность испытаний

5. Противокоррозионные присадки (соединения на основе серы и фосфора).

Присадки образуют на поверхности металлов прочные фосфидные и сульфидные пленки, защищающие от агрессивных соединений.

6. Противоизносные присадки (соединения на основе серы, хлора, фосфора).

Присадки образуют тонкую граничную пленку, сглаживающую поверхность деталей и снижающую изнашивание.

7. Противопенные присадки - разрушают пузырьки воздуха в масле.

Кремнийорганические соединения плохо растворяющиеся в масле и располагаются на поверхности в виде пленки. Пленка заставляет «схлопываться» пузырьки пены и препятствует проникновению газа в масло.

Примечание: как правило, присадки являются многофункциональными, либо состояются композитные присадки из нескольких.

В результате взаимодействия компонентов, входящих в композицию может происходить суммирование их действия (синергетический эффект) или ослабление (антагонистический эффект) (рис. 50).

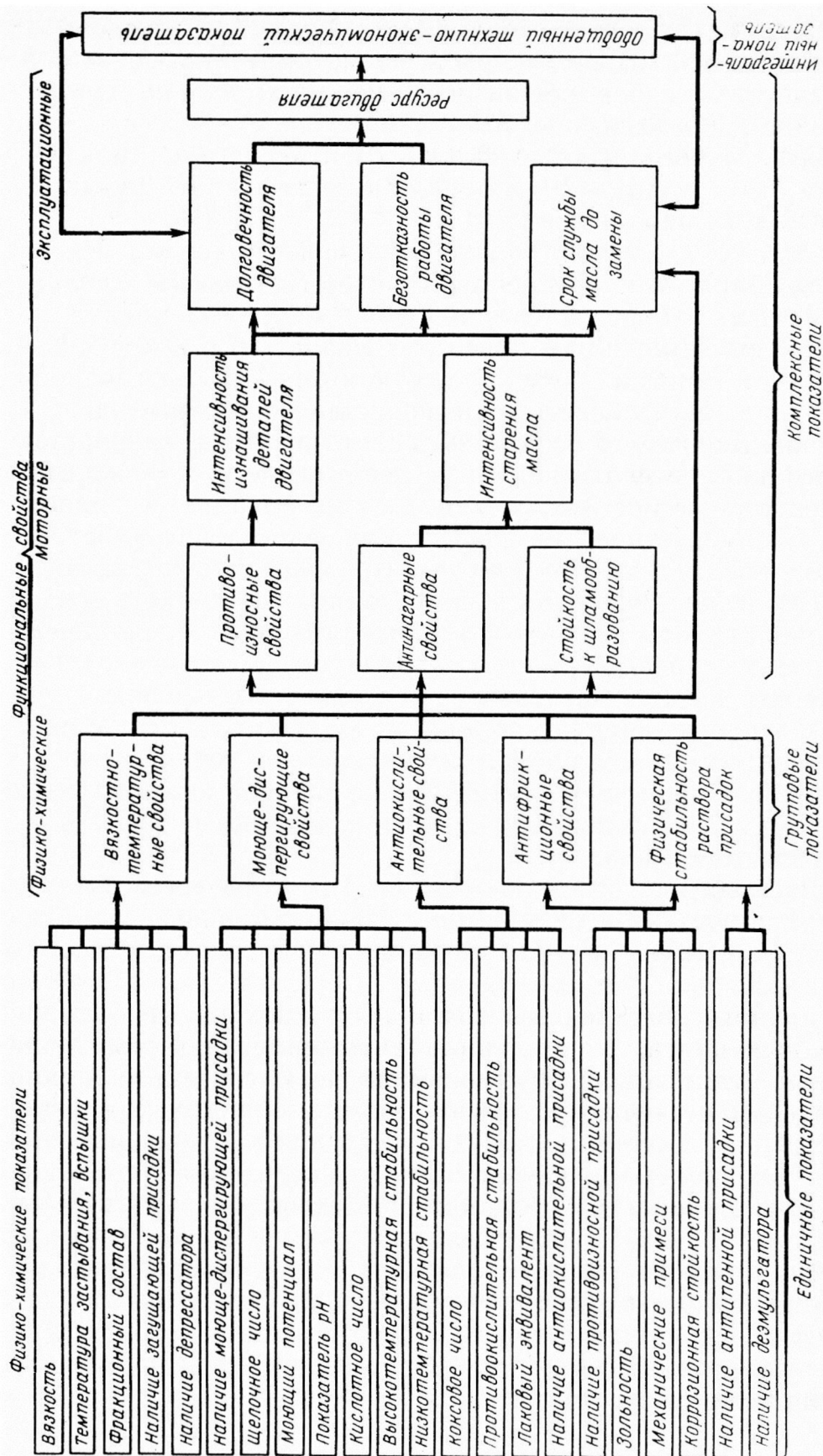


Рис. 50. Взаимосвязь между единичными физико-химическими, групповыми и комплексными показателями, определяющими свойства масла

4.5 Старение, угар и смена моторных масел.

Старение масла – качественные изменения, вызванные физическими и химическими процессами в ДВС.

Угар масла - испарение легких фракций и уменьшение количества масла за счет сгорания.

Замена масла - смена масла в двигателе, вызванная превышением качественных показателей, предельно допустимых в результате старения.

Старение масла.

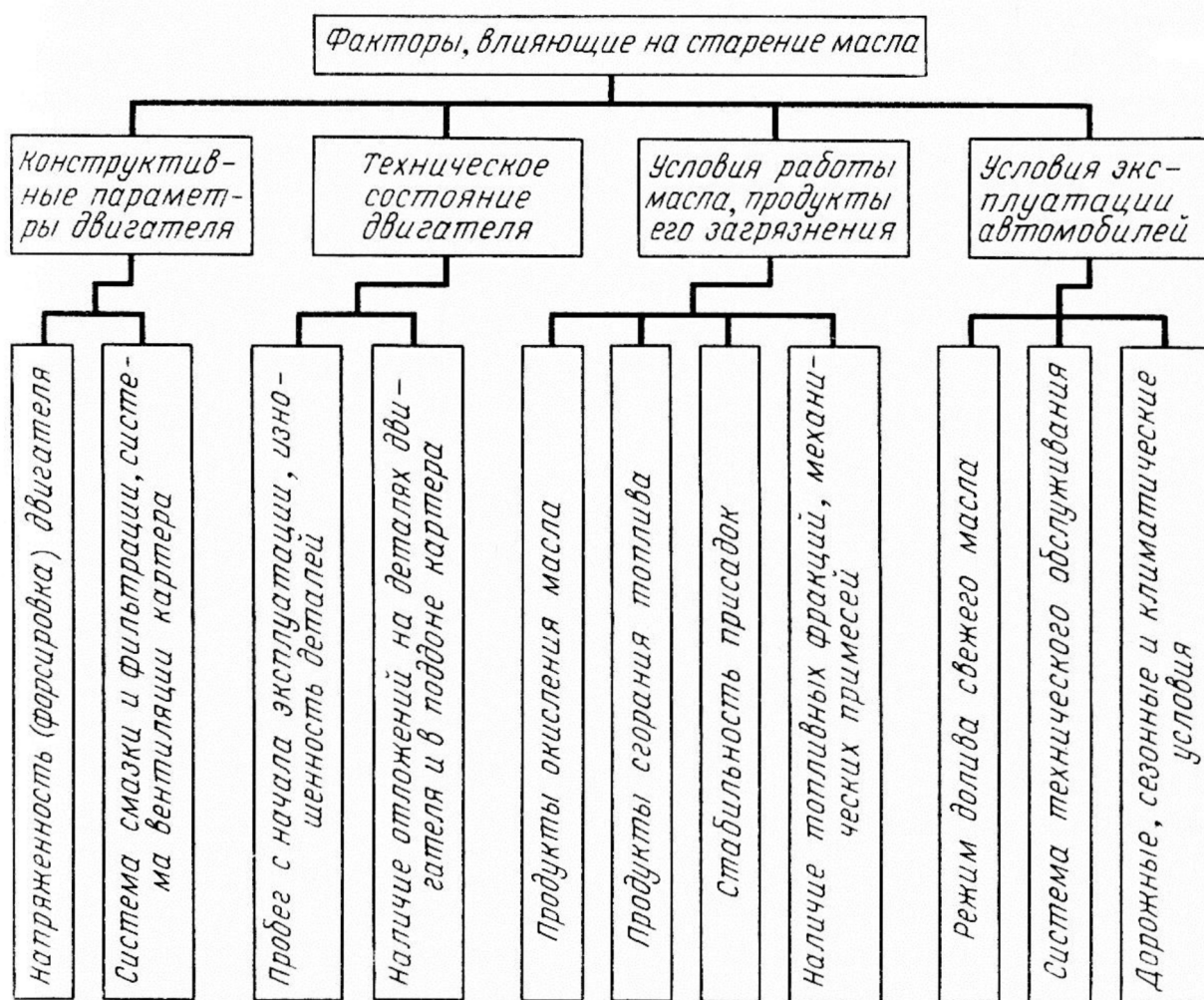


Рис. 51. Факторы, влияющие на старение масла

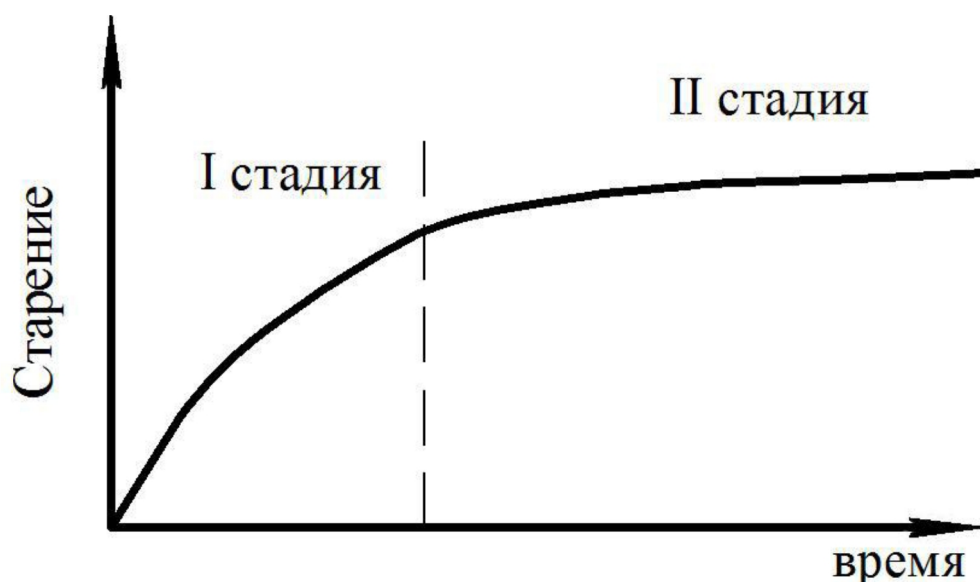


Рис. 51а. Старение масла

I стадия - динамическое окисление: интенсивное окисление неустойчивых компонентов масла.

II стадия - стабилизация старения: образование веществ замедляющих старение, образование на поверхностях окисленных пленок, выравнивание структуры и рельефа поверхностей и т.д.

В процессе эксплуатации базовая часть масла меняется незначительно. Основная причина старения - расход (срабатывание) присадок. Вязкость базового масла растет. Вязкость загущенного масла может расти, уменьшаться или оставаться прежней (действуют два противоположных фактора: рост вязкости базового масла и снижение вязкости загустителя из-за срабатывания).

Угар масла.

Угар масла зависит от:

- совершенства уплотнений;
- конструкции двигателя;
- свойств масла (вязкость, испаряемость);
- режима работы двигателя.

Нормативный расход масла на угар:

$$\Delta G_M = k G_T,$$

где G_T – расход топлива;

k - нормативный коэффициент

(в современных двигателях $k = 0,003 \dots 0,005$).

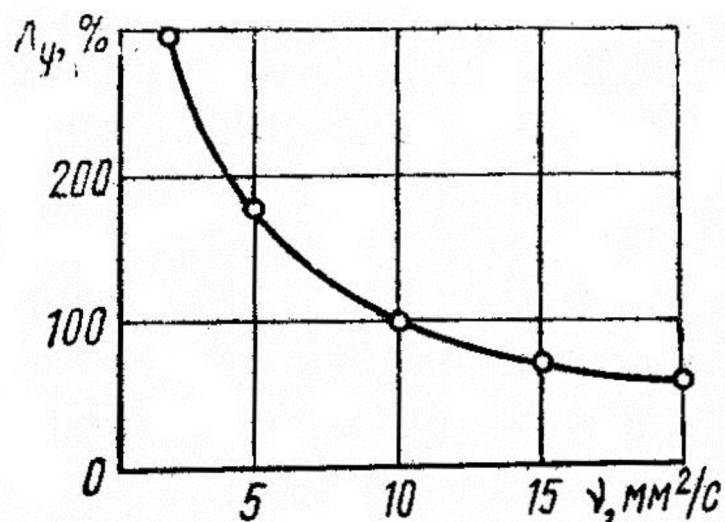


Рис.52. Влияние вязкости масла на его угар Δ_y

Смена масла

Вследствие старения масла необходимо проводить его регулярную смену в двигателе.

Превышение срока смены масла вызывает:

- отложения в двигателе;
- повышенный износ двигателя;
- повышенный угар масла.

Периодичность смены определяется экспериментально путем анализа периодически отбираемых проб масла и измеряется:

- пробегом транспортного средства (км);
- временем работы двигателя (часы);
- количеством израсходованного топлива (кг).

Ни один из методов не является совершенно точным, т.к. не учитывает реальных условий эксплуатации.

4.6 Классификация моторных масел

1. По типу двигателя

ГОСТ: 1 – бензиновый;

2 – дизельный;

без обозначения – универсальное масло.

API (American Petroleum Institute): S (service) – бензиновый;

C (commercial) – дизельный;

S/C – универсальное масло.

2. По эксплуатационным свойствам (группа качества) (табл. 13, 14).

ГОСТ 17479.1-85: А, Б, В, Г, Д, Е.

API: А, В, С, D, Е, F, G, H, J, K, L,...

Масла отличаются количеством и эффективностью присадок (в порядке алфавита).

3. По вязкости (класс вязкости) (табл. 15).

класс вязкости SAE = 1/2 вязкости в секундах Сейболта (su).

Формулы перевода в систему СИ:

$\nu = 0,216su$ до 32сек;

$\nu = 0,216su - \frac{195}{su}$ от 32 до 100 сек;

$\nu = 0,216su - \frac{135}{su}$ св. 100 сек.

4. По климатическим условиям применения.

- Сезонное – указан один класс вязкости.

- Всесезонное – указано два класса вязкости.

Пример обозначения:

SAE/API: 10w - 40, SG/CD;

10w: класс вязкости при -18°C (0°F) ($\nu_{-18^{\circ}\text{C}} = 2600 \text{ мм}^2/\text{с}$);

40: класс вязкости при 100°C ($\nu_{100^{\circ}\text{C}} = 14 \text{ мм}^2/\text{с}$);

SG: группа качества «G» для бензиновых двигателей;

CD: группа качества «D» для дизелей.

ГОСТ: М – 6_з/10Г₁;
М: моторное масло;
6_з: класс вязкости при -18°C ($\nu_{-18^{\circ}\text{C}} = 10400 \text{ мм}^2/\text{с}$);
10: класс вязкости при 100°C ($\nu_{100^{\circ}\text{C}} = 10 \text{ мм}^2/\text{с}$);
Г: группа качества «Г»;
1: масло для бензиновых двигателей.

Таблица 13 Классификация API моторных масел по эксплуатационным свойствам

Классификационные категории двигателей			
Бензиновые двигатели (категория S)		Дизельные двигатели (категория C)	
Классы	Характеристики двигателей	Классы	Характеристики двигателей
SA	Двигатели, работающие в легких условиях — класс исключен	CA	Дизели, работающие при умеренных нагрузках на малосернистом топливе — класс исключен
SB	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках — класс исключен	CB	Дизели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе — класс исключен
SC	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (модели выпуска до 1964 г.) — класс исключен	CC	Дизели, в том числе с умеренным наддувом, работающие в тяжелых условиях
SD	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1968 г.) — класс исключен	CD	Дизели легковых автомобилей с одним турбонаддувом (модели до 1993 г.)
SE	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1972 г.) — класс исключен	CD II	То же, с учетом специфических требований двухтактных дизелей
SF	Двигатели автомобилей иностранного производства выпуска 1980–1989 гг., все отечественные автомобили	CE	Дизели грузовых автомобилей, с наддувом (модели выпуска до 1983 г.), работающие в тяжелых условиях (высокие нагрузки, малая частота вращения коленчатого вала)
SG	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска 1989–1993 гг., японских с 1989–1995 гг.	CF	Дизели легковых автомобилей с одним или двумя турбонаддувами «битурбо», выпуска с 1993 г.
SH	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска 1993–1996 гг., японских с 1995 г.	CF-2	Улучшенные характеристики CD II для двухтактных двигателей
SJ	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска с конца 1996 г.	CF-4	Высоконагруженные дизели грузовых автомобилей выпуска до 1994 г.
SL	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска с 2001 г.	CG-4	Высоконагруженные дизели грузовых автомобилей выпуска с 1994 г. Улучшенные характеристики и ужесточенные требования к токсичности отработавших газов
SM	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска с 2004 г.	CH-4	Масла, предназначенные для длительной работы без смены в 4-тактных автомобильных дизелях в условиях интенсивного загрязнения масла частицами сажи и удовлетворяющие экологическим нормам по содержанию твердых частиц и оксида азота в отработавших газах, введенным в США с 1998 г. Заменяют масла класса CF-4 и CG-4 в ранее выпущенных двигателях
		CI-4	По сравнению с CH-4, более высокие диспергирующие свойства и повышенная устойчивость к термическому окислению, обеспечивается снижение расхода масла на угар, улучшена холодная прокачиваемость, увеличен ресурс уплотнений двигателя за счет улучшения совместимости с ними масла. Отвечает экологическим требованиям для двигателей выпуска с 1 октября 2002 г.

Т а б л и ц а 14. Группы моторных масел

Группа масла	Рекомендуемая область применения	Группа по API
Группа А	Нефорсированные карбюраторные двигатели и дизели, не предъявляющие высоких требований к качеству масел	SB
Группа Б:		
Б ₁	Малофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников	SC
Б ₂	Малофорсированные дизели	CA
Группа В:		
В ₁	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений	SD
В ₂	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений	CB
Группа Г:		
Г ₁	Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений, коррозии и ржавлению	SE
Г ₂	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений	CC
Группа Д	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масла с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений	CD
Группа Е	Лубрикаторные системы смазки цилиндров дизелей, работающие на топливе с высоким содержанием серы	—

Таблица 15. Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости по ГОСТ 17479.1-85	Пределы вязкости, мм ² /с, при 100 °С		Максимальное значение вязкости при -18 °С, мм ² /с	Класс вязкости по SAE	Класс вязкости по ГОСТ 17479.1-85	Пределы вязкости, мм ² /с, при 100 °С		Максимальное значение вязкости при -18 °С, мм ² /с	Класс вязкости по SAE
	не менее	не более				не менее	не более		
33	3,8	—	1 250	5W	16	15,0	18,0	—	40
43	4,1	—	2 600	10W	20	18,0	23,0	—	50
53	5,6	—	6 000	15W	33/8	7,0	9,5	1 250	5W/20
63	5,6	—	10 400	20 W	43/6	5,6	7,0	2 600	10W/20
6	5,6	7,0	—	20	43/8	7,0	9,5	2 600	10W/20
8	7,0	9,5	—	20	43/10	9,5	11,5	2 600	10W/30
10	9,5	11,5	—	30	53/14	13,0	15,0	6 000	15W/40
12	11,5	13,0	—	30	63/10	9,5	11,5	10 400	20W/30
14	13,0	15,0	—	40	63/16	15,0	18,0	10 400	20W/40

Примечание. В загущенных маслах вязкостные свойства отмечены дробью, где знаменатель показывает номинальную вязкость при 100 °С, а числитель указывает вязкость при 100 °С дистиллятного масла, которое при -18 °С имеет вязкость 1 300—2 600 сСт или 2 600—10 400 сСт.

4.7 Синтетические моторные масла

Синтетическое моторное масло - органическое соединение, получаемое из различных видов сырья (нефть, газ, уголь, парафин, эфиры и т.д.) искусственным путем.

Преимущества синтетических масел:

- высокая термическая стабильность;
- стойкость против старения;
- хорошая смазывающая способность;
- пологая ВТХ;
- высокая температура вспышки;
- низкая температура застывания;
- малая испаряемость.

Недостатки синтетических масел:

- повышенная агрессивность (разъедает уплотнения) и коррозионная активность;
- высокая стоимость.

Полусинтетическое масло - минеральное масло с добавкой 25...40% синтетического.

Таблица 16 Основные показатели синтетических и минеральных моторных масел

Наименование показателей	Нефтяное (минеральное) масло	Синтетические масла			
		Диэфирные	Полиалкени-гликолевые	Полисил-оксанные	Фторугле-родные
Вязкость кинематическая, при 100 °С, мм ² /с	2,5	3,2	3,2	3,5	–
Индекс вязкости	70	140–150	135–180	270	500
Температура застывания, °С	–40...–73	–43...–63	–53...–63	–63...–100	–3...–23
Температура вспышки, °С	149	232	193	315	–
Температурный предел работоспособности, °С	220	220	260–300	250	400–500
Потери на испарение при 100 °С за 22 ч, %	8	0,1	0,1	0,1	0

4.8 Выбор моторного масла

Выбор вязкости масла (рис. 53).

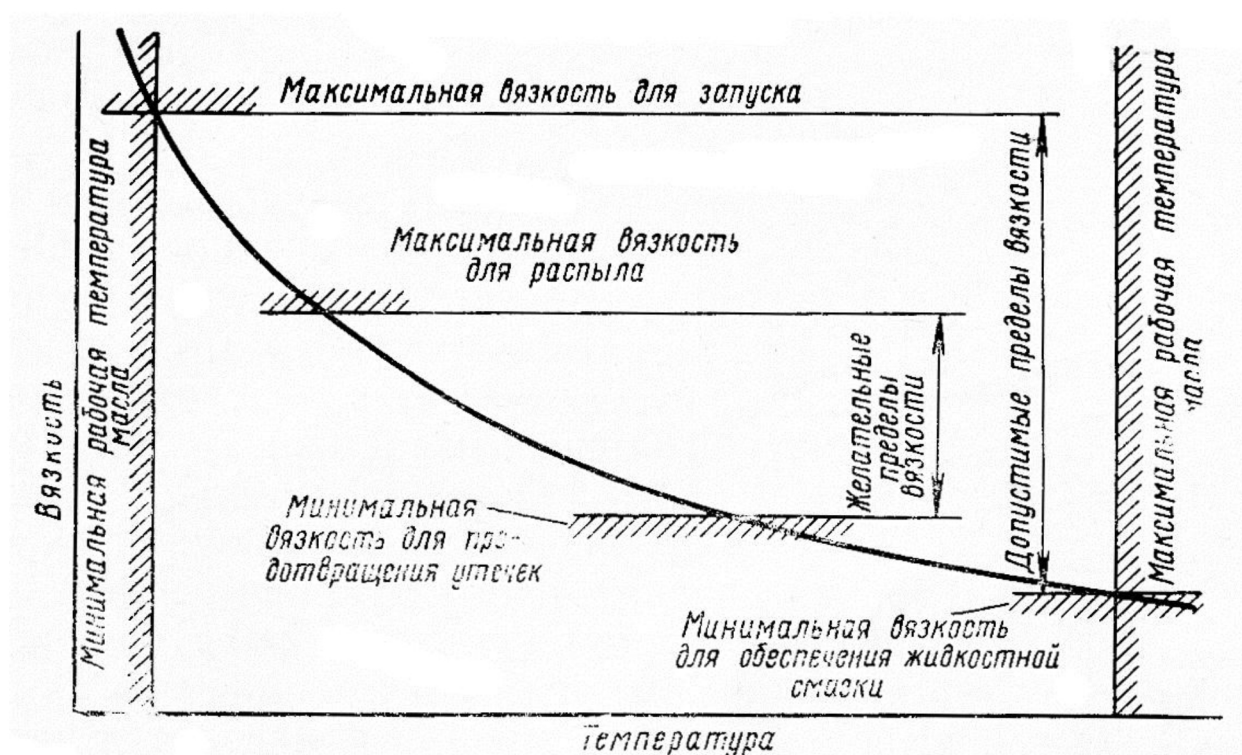


Рис.53. График, иллюстрирующий требования к вязкостно-температурным свойствам масел

Требуемая вязкость для ДВС при $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рабочая температура):

- бензиновые ДВС $\nu_{100^{\circ}\text{C}} = 6...12\text{ мм}^2/\text{с}$;
- дизельные ДВС $\nu_{100^{\circ}\text{C}} = 16...20\text{ мм}^2/\text{с}$.

Отклонения вязкости от оптимальной:

1. $\nu < \nu_{\text{опт}}$ – ухудшается герметизация рабочего объема цилиндра (прорыв газов в картер и масла в камеру сгорания);
 - ухудшается смазка поверхностей.
2. $\nu > \nu_{\text{опт}}$ – возрастают потери мощности на трение;

- снижается прокачиваемость масла насосом;
- ухудшается смазка поверхностей.

Выбор группы качества масла (рис. 53а, 53б).

Выбор группы качества производится в зависимости от:

- теплонапряженности двигателя;
- типа двигателя;
- количества серы в топливе;
- условий эксплуатации;
- назначения двигателя (транспортный, стационарный).

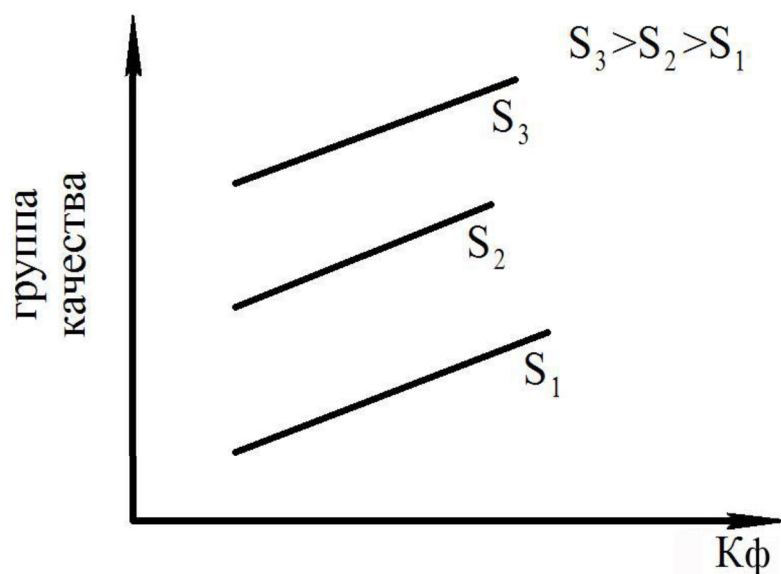


Рис. 53а Выбор группы качества масла по содержанию серы в топливе

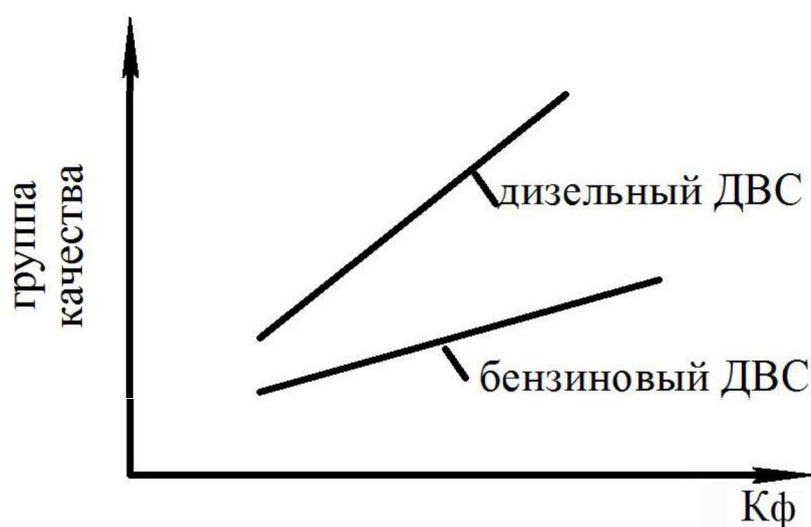


Рис. 53б Выбор группы качества масла по типу двигателя

S - содержание серы в топливе.

$$k_{\phi} = p_e v_n \frac{2}{\tau} - \text{критерий форсирования,}$$

где p_e – эффективное давление, МПа;

v_n – средняя скорость поршня, м/с;

τ – тактность двигателя.

Примечание: использование масла с группой качества превышающей требуемую невыгодно, т.к. избыток присадок так же вреден, как и недостаток.

Избыток присадок (повышенная группа качества) вызывает:

- увеличение зольности масла и абразивные износ;
- избыточную скорость истирания хемосорбированных пленок.

Окончательный выбор масла производится заводом-изготовителем по результатам эксплуатационных испытаний.

5. Специальные жидкости

5.1 Пусковые жидкости

Пусковые жидкости – предназначены для обеспечения запуска двигателя при низких температурах.

Пусковые жидкости выпускаются в ампулах или баллончиках в виде аэрозолей. Для подачи в двигатель применяют пусковые приспособления.

Состав пусковых жидкостей

Таблица 17 Характеристики пусковых жидкостей отечественного производства

Наименование показателей	Наименование пусковых жидкостей для двигателей			
	бензиновых	дизельных		
	«Арктика»	Диэтиловый эфир	Жидкость НАМИ	«Холод Д-40»
Цвет	Прозрачный или светло-желтый	Прозрачный или светло-голубой	–	–
Состав (по массе), %:				
диэтиловый спирт (эфир)	45–60	100	65	58–62
петролейный эфир	38–43	–	20	13–17
турбинное масло	1,5–2,5	–	–	9–11
изопропилнитрат	2–4	–	–	13–17
противоизносная и противозадирная присадки	до 2	–	–	–
противоокислительная присадка	до 0,5	–	0,2	–
Минимальная температура надежного пуска без подогрева, °С	–35	–35	–	–

5.2 Охлаждающие жидкости

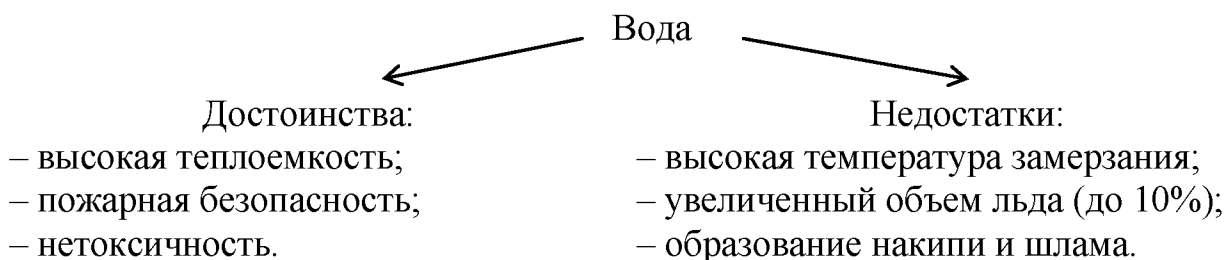
Охлаждающие жидкости (ОЖ) – жидкости, использующиеся для охлаждения ДВС.

Требования к охлаждающим жидкостям:

- низкая температура замерзания;
- высокая температура кипения;
- минимальный коэффициент объемного расширения;
- минимальная вязкость;
- высокая теплоемкость и теплопроводность;
- физическая и химическая стабильность;
- коррозионная стойкость, нетоксичность.

Наибольшее распространение в качестве ОЖ получили:

- а) вода;
- б) антифризы.



Накипь – плотные цементированные отложения на стенках системы охлаждения. Состоит из солей, продуктов коррозии и механических загрязнений.

Шлам – илоподобные частицы, оседающие в застойных зонах системы охлаждения.

Накипь и шлам:

- увеличивают термическое сопротивление системы охлаждения;
- загромождают каналы системы охлаждения;

что вызывает ухудшение теплоотдачи и перегрев двигателя.

Причина образования накипи и шлама - растворенные в воде соли (в основном кальция и магния). Накипь удаляют кислотами, щелочными или содовыми растворами.

Жесткость – параметр, характеризующий содержание солей в воде. Измеряется в миллиграмм-эквивалентах на 1 литр воды:

1 мг-экв/л = 20,04 мг-экв/л ионов кальция или 12,6 мг/л ионов магния.

Мягкая вода < 4 мг-экв/л (дождевая и снеговая);

Средняя вода = 4...8 мг-экв/л (озерная и речная);

Жесткая вода > 8 мг-экв/л (подземная и морская).

Временная (устраняемая) жесткость – жесткость, образованная солями выпадающими в осадок при первом кипячении.

Постоянная жесткость – жесткость, образованная солями выпадающими в осадок после испарения части воды (концентрация переходит предел насыщения).

Общая жесткость – сумма постоянной и временной жесткостей.

Способы уменьшения жесткости воды:

- кипячение и фильтрация;
- добавление соды и извести с последующей фильтрацией;
- фильтрация через катионитовые фильтры (катиониты – вещества, поглощающие соли);
- добавление антинакипинов (вещества, переводящие накипь в рыхлое состояние).

Антифризы – низкотемпературные охлаждающие жидкости.

Наиболее распространены антифризы на основе водных растворов этиленгликоля ($C_2H_4(OH)_2$)

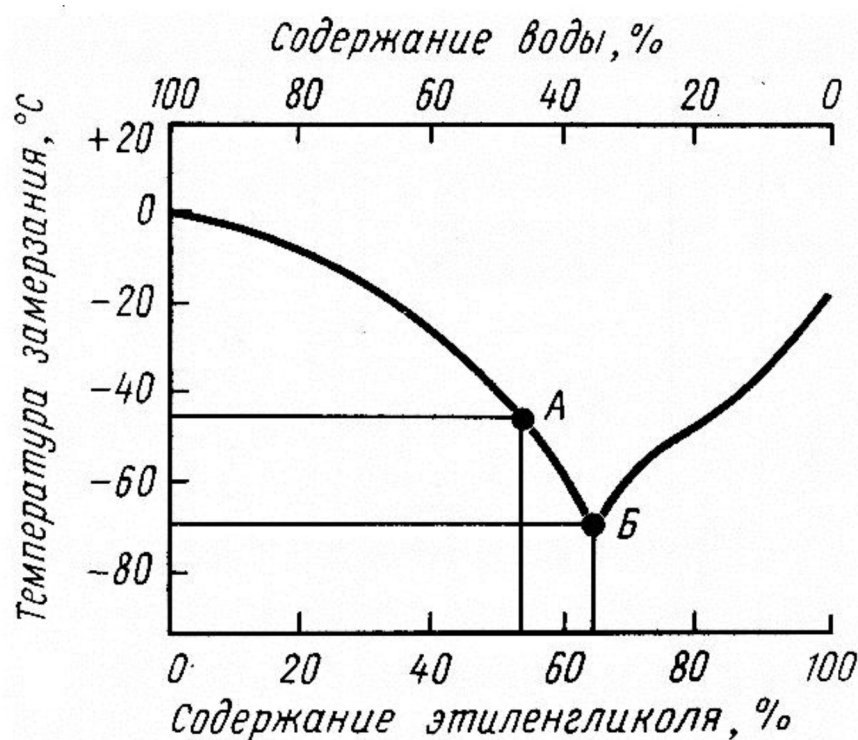


Рис.54. Температура замерзания охлаждающей жидкости в зависимости от содержания этиленгликоля

$$T_{\text{зmin}} = -73^{\circ}\text{C при } C_{\text{эт}} = 67\%$$

Марки антифризов:

Тосол - А40, А65; ОЖ Лена – 40, 65. Цифра – температура застывания, °С.

Достоинства:

- низкая температура замерзания, при замерзании образуют рыхлую массу с незначительным (0,3%) увеличением объема;

Недостатки:

- пониженная теплоемкость и теплопроводность (на 20% по сравнению с водой);
- повышенная текучесть и проникаемость;
- коррозионная активность.

Т.к. этиленгликоль – коррозионно-активное вещество, в антифризы вводят специальные антикоррозионные присадки. С течением времени присадки распадаются, поэтому требуется периодическая замена антифриза.

Т а б л и ц а 18. Основные показатели низкотемпературных охлаждающих жидкостей

Показатель	Антифриз			Тосол			ОЖ Лена	
	ГОСТ 159—52			ТУ-6-02-751—86			ТУ-6-01-7-153—83	
	концентрат	марки 40	марки 65	А концентрированный	А-40	А-65	ОЖК концентрированная	Лена-40 Лена-65
Внешний вид	Слабо мутная желтоватая жидкость			Зеленоватоголубая жидкость			Жидкость зеленого цвета без механических примесей. Допускается опалесценция	
Температура застывания, °С, не выше	—11,5	—40	—65	—11,5	—40	—65	—34	—40 —65
Температура кипения, °С	—	+100	+100	+170	+105	+105	+160	+100 +100
Плотность при 20°С, кг/м³	1100...1116	1067...1072	1085...1090	1140	1075...1085	1075...1085	1120...1150	1075...1085 1085...1100

Контрольные вопросы для проверки знаний по дисциплине
«Химмотология»

1

1. Фракционирование нефти. Что представляют собой бензин, дизельное топливо, масло по температурам выкипания?
2. Классификация (отечественная и зарубежная) моторных масел по применению.
3. Как найти температуру замерзания антифриза?

2

1. Связь химического строения углеводородов, входящих в состав нефти, и свойств получаемых из нефти топлив и масел.
2. Противоизносные свойства масел. Как оценить их эффективность?
3. Сколько этиленгликоля надо добавить к 10 литрам его водного (32%) раствора, имеющего температуру замерзания - 18°C, чтобы исправить его качество до уровня ТОСОЛ-40?

3

1. Как оценивают испаряемость бензинов?
2. Вязкостно-температурные свойства смазочных масел.
3. Как связаны между собой температура вспышки и температура самовоспламенения дизельного топлива?

4

1. Что такое детонация? Факторы, влияющие на детонацию. Связь детонации с составом топлива.
2. В чем заключается "метод пятна", оценивающий изменение масла в процессе эксплуатации? Что такое диспергирующе-стабилизирующие свойства масла?
3. Расшифруйте марку масла: SAE 10W40, API SE/CC.

5

1. Антидетонационные свойства топлива. Способы оценки октановых чисел.
2. Что собой представляют пусковые жидкости? Основные свойства, марки.
3. Расшифруйте марку масла: SAE 30, API CC.

6

1. Что означает "чувствительность бензина"? Что такое фактическое октановое число?
2. Виды трения. Условия работы смазочных материалов в механизмах.
3. Расшифруйте марку масла: SAE 5W/50, API SG/CH.

7

1. Стабильность бензинов (физическая и химическая), от чего она зависит? Как определяется?
2. Что такое "загущенные масла"? Как и с какой целью их получают?
3. Расшифруйте марки топлив А-76, АИ-95. Как найти величину октанового числа, если оно больше 100?

8

1. Антидетонаторы. Механизм действия. Что такое "этиловая жидкость"?
2. Требования к смазочным материалам. Что представляют собой моторные масла?
3. Каково содержание этиленгликоля в "ТОСОЛ-40", "ТОСОЛ-65" ?

9

1. Фракционный состав бензина. Как связаны с ним эксплуатационные свойства бензина?
2. Что представляют собой синтетические масла? Какие у них преимущества перед минеральными?
3. Чем отличаются в эксплуатации масла М12Г и М5з/12 Г? Как отличить эти масла в лабораторных условиях?

10

1. От чего зависят пусковые свойства бензина? приемистость? Как связаны мощностные и экономические показатели двигателя с качеством бензина?
2. Что такое "индекс вязкости"? Как получают высокоиндексные масла?
3. Что такое цетановое число (ЦЧ)? Чему равно ЦЧ изооктана, бензина А-76, н.гептана, α -метилнафталина?

11

1. От чего зависит теплота сгорания топлива? Как отличается теплота сгорания C_6H_{14} , C_6H_6 , C_2H_5OH ?
2. В чем заключается процесс старения масла? Какие показатели масла изменяются при работе масла в ДВС? Как зависит старение масла от режима эксплуатации автомобиля?
4. Как в лабораторных условиях отличить дизельное зимнее топливо от летнего?

12

1. Коррозионность топлив. Как ее оценивают?
2. Классификация моторных масел по вязкости.
3. Что представляют собой антифризы?

13

1. Какие показатели качества бензина входят в ГОСТ? Какие марки бензина выпускаются?
2. Условия работы моторных масел. Требования к маслу?
3. Может ли ОЧ бензина быть выше 100? Как тогда найти его значение?

14

1. Что такое "индукционный период" бензина? Какие эксплуатационные свойства он показывает? От чего зависит?
2. Какие по назначению присадки добавляют к моторному маслу? Механизм действия "моющих" присадок. Как оценивают их эффективность?
3. Какое из масел: $M6_3/10$, $M4_3/10$, SAE20W/30, SAE5W/30 имеет самую низкую температуру застывания?

15

1. Как связано наличие смол в бензине с состоянием двигателя в процессе эксплуатации? Как определяют количество смол?
2. Антикоррозионные свойства масел.
3. Как найти индекс вязкости масла? Какие значения ИВ бывают у минеральных и синтетических масел?

16

1. Что такое дизельное топливо? Какими качествами оно должно обладать?
2. В чем сущность жидкостного и граничного трения? Как выбирают смазочное масло в том и другом случае?
3. Расшифруйте марки топлив: А-76, Премиум-95.

17

1. Свойства дизельного топлива, определяющие подачу и смесеобразование.
2. Показатели качества топлив, входящие в ГОСТ или ТУ. Поясните их эксплуатационное значение.
3. Чем отличаются в эксплуатации масла М12Г и М5_з/12Г?

18

1. Самовоспламеняемость дизельных топлив, от чего она зависит? Что такое ЦЧ, как его находят?
2. Вода, как охлаждающая жидкость. Основные свойства, жесткость воды.
3. Чем отличаются в эксплуатации масла: М10Г и М4_з/10Г.?

19

1. Как связаны ЦЧ и ОЧ. Поясните смысл этой связи.
2. Основные эксплуатационные свойства охлаждающих жидкостей.
3. Чем отличаются моторные масла с индексом вязкости 100 и 170, если вязкость их при 100°С одинакова?

20

1. Какие показатели дизельного топлива определяют нагарообразование в камере сгорания, стабильность топлива, состояние топливных фильтров.
2. Антифризы. Свойства этиленгликоля и его водных растворов.
3. Что означает буква "и" в марке топлива (например, Аи-95)?.

21

1. Как связаны цетановое число и жесткость работы дизеля?
2. Получение моторных масел.
3. Что такое «прямая перегонка нефти»?

22

1. Возможные способы оценки теплотворности топлива.
2. Охлаждающие жидкости, требования к ним, основные свойства, марки.
3. Как отличить в лабораторных условиях летнее масло от всесезонного?

23

1. Как связана вязкость дизельного топлива с эксплуатацией двигателя?
2. Классификация газовых топлив.
3. Что такое ОЧ, чему равно ОЧ α -метилнафталина ? н.гептана ?

24

1. Что характеризует температура вспышки топлива (отличие понятий "температура вспышки" и "температура самовоспламенения"). Связана ли она с цетановым числом?
2. Противоизносные свойства масел. Как оценить их эффективность?
3. Как практически (в лабораторных условиях) различить масла: М4з10Г и М10Г?

25

1. Какие присадки повышают цетановое число ? Что можно использовать в качестве заменителя дизельного топлива ?
2. В каких температурных пределах выкипает бензин, дизельное топливо ? Чему равна плотность бензина, дизтоплива ?
3. Методы получения альтернативных топлив.

26

1. Что представляют собой сжатое и сжиженное газовые топлива ? Особенности их применения. Под каким давлением находятся они в емкостях ?
2. Пути попадания загрязнений в моторное масло.
3. Как, по каким показателям оценивается качество бензина?

27

1. Альтернативные топлива для ДВС.
2. Назначение моторных масел, показатели их качества.
3. Как в лабораторных условиях оценивается температура замерзания антифриза?

28

1. Чем отличаются "моторный" и "исследовательский" методы оценки октанового числа?
2. По каким параметрам классифицируются моторные масла?
3. Если расход жидкого топлива составляет 30л на 100 км, сколько 50-литровых баллонов со сжатым газом необходимо для пробега 400 км?

Вариант №1

1. Что характеризует октановое число бензина	А) испаряемость Б) теплоту сгорания В) антидетонационные свойства Г) карбюраторные свойства
2. От чего зависит температура самовоспламенения дизельного топлива?	А) наличия смол Б) содержания легких углеводородов В) химического строения углеводородов Г) содержания сернистых соединений
3. В каких температурных пределах выкипает бензин?	А) 80-150 ⁰ С Б) 40-200 ⁰ С В) 30-100 ⁰ С Г) 100-180 ⁰ С
4. Какой прибор необходим для оценки фракционного состава бензина?	А) ареометр Б) бомба Рейда В) моторный стенд Г) перегонная установка
5. Какой углеводород имеет самое низкое цетановое число?	А) α -метилнафталин Б) изооктан В) нормальный гептан Г) цетан
6. Что определяет величину октанового числа бензина?	А) плотность Б) химическое строение В) температура вспышки Г) фракционный состав
7. Под каким исходным давлением находится в баллонах газ метан?	А) 2 атмосферы (0.2 МПа) Б) 50 атмосферы (5 МПа) В) 200 атмосферы (20 МПа) Г) 100 атмосферы (10 МПа)
8. Какие эксплуатационные свойства бензина выражает температура перегонки 50% объема (t_{50})	А) воспламеняемость Б) приемистость В) мощность Г) запуск двигателя
9. Если в дизельное топливо добавить бензин, как изменится его цетановое число?	А) понизится Б) повысится В) не изменится
10. Что содержит «этилированный бензин»?	А) этилен Б) этиловую жидкость В) этиловый спирт Г) этиловый эфир

Вариант №2

1. У какого из этих углеводородов самое низкое октановое число?	А) н. гептан Б) цетан В) α -метилнафталин Г) изооктан
2. В каких температурных пределах выкипает дизельное топливо?	А) 200-250°C Б) 100-200°C В) 180-360°C Г) 50-150°C
3. Как оценивают испаряемость бензина?	А) по плотности Б) по химическому составу В) по фракционному составу Г) по октановому числу
4. От чего зависит теплота сгорания топлива?	А) от химического строения Б) от наличия легких углеводородов В) от % содержания углерода, водорода Г) от фракционного состава
5. Что характеризует индукционный период бензина?	А) испаряемость Б) стабильность В) воспламеняемость Г) коррозионность
6. Как оценивают цетановое число диз.топлива?	А) по температуре вспышки Б) по фракционному составу В) на моторном стенде Г) по теплоте сгорания
7. Какие свойства бензина обеспечивают легкий запуск двигателя?	А) октановое число Б) температура перегонки 90% В) химический состав Г) температура перегонки 10%
8. Как изменится октановое число бензина, если в него добавить дизельное топливо?	А) повысится Б) понизится В) не изменится
9. Какой показатель оценивает стабильность дизельного топлива?	А) индукционный период Б) фракционный состав В) иодное число Г) цетановое число

10. Какую плотность имеет автомобильный бензин?	А) 900-1000 кг/м ³ Б) 600-700 кг/м ³ В) 830- 860 кг/м ³ Г) 730-750 кг/м ³
---	--

Вариант №3

1. Как оценивают октановое число бензина?	А) по теплоте горения Б) на моторном стенде В) путем перегонки Г) по плотности
2. Что можно добавить к дизельному топливу, чтобы повысить цетановое число?	А) спирты Б) ароматические углеводороды В) тетраэтилсвинец Г) н. парафины
3. От чего зависит температура вспышки топлива?	А) наличия смол Б) химического строения углеводородов В) наличие легкокипящих веществ Г) наличие ненасыщенных углеводородов
4. Что означает цифра в марке бензина (А-76, Аи-95)	А) температуру вспышки Б) содержание легких углеводородов В) октановое число Г) содержание изооктана в бензине
5. Какие свойства диз. топлива характеризует цетановое число?	А) прокачиваемость Б) испаряемость В) температуру вспышки Г) самовоспламеняемость
6. Что влияет на мощностные показатели топлива?	А) химическое строение Б) фракционный состав В) теплота сгорания Г) испаряемость

7. Чем отличается зимнее и летнее диз.топливо?	А) вязкостью Б) цетановым числом В) температурой самовоспламенения Г) иодным числом
8. От чего зависит величина цетанового числа дизельного топлива?	А) наличие парафинов Б) наличие легких углеводородов В) содержание сернистых соединений Г) содержание кислот
9. Под каким давлением находится в баллонах сжиженный газ?	А) 1,5-1,6 МПа Б) 10-20 МПа В) 30-40 МПа Г) 0,1-0,2 МПа
10. Что содержит этилированный бензин?	А) этиловый эфир Б) этиловую жидкость В) этиловый спирт Г) этилен

Вариант №4

1. Какие углеводороды имеют наиболее низкие октановые числа?	А) изопарафины Б) циклопарафины В) нормальные парафины Г) ароматические
2. От чего зависит подача, прокачиваемость диз.топлива?	А) от химического состава Б) от фракционного состава В) от вязкости Г) от содержания сернистых соединений
3. Что означает буква «и» в марке бензина?	А) импортные присадки Б) бензин получен искусственным способом В) октановое число найдено исследованием химического состава

	Г) октановое число найдено в исследовательском режиме по моторной установке.
4. Что характеризует давление насыщенных паров бензина?	А) прокачиваемость Б) испаряемость В) взрываемость Г) самовоспламеняемость
5. Как влияет присутствие сернистых веществ на качество дизельного топлива?	А) снижает цетановое число Б) понижает температуру горения В) повышает коррозионность Г) повышает температуру вспышки
6. От каких свойств бензина зависит легкий запуск двигателя?	А) от октанового числа Б) от температуры конца кипения В) от химического состава Г) от температуры перегонки 10% объема
7. От чего могут забиваться жиклеры в карбюраторном двигателе?	А) низкое октановое число бензина Б) высокое содержание ароматических углеводородов В) наличие смол в бензине Г) большая плотность топлива
8. Что характеризует цетановое число дизельного топлива?	А) температуру вспышки Б) теплоту сгорания В) температуру самовоспламенения Г) испаряемость топлива
9. Какое оборудование необходимо для оценки октанового числа бензина?	А) ареометр Б) перегонная установка В) моторный стенд Г) бомба Рейда
10. Основной компонент природного газа?	А) этан Б) пропан В) метан Г) бутан

Вариант №5

1. Основной компонент природного газа?	А) этан Б) пропан В) метан
--	----------------------------------

	Г) бутан
2. Что характеризует цетановое число дизельного топлива?	А) температуру вспышки Б) теплоту сгорания В) температуру самовоспламенения Г) испаряемость топлива
3. От каких свойств бензина зависит легкий запуск двигателя?	А) от октанового числа Б) от температуры конца кипения В) от химического состава Г) от температуры перегонки 10% объема
4. Какое оборудование необходимо для оценки октанового числа бензина?	А) ареометр Б) перегонная установка В) моторный стенд Г) бомба Рейда
5. Под каким давлением находится в баллонах сжиженный газ?	А) 1,5-1,6 МПа Б) 10-20 МПа В) 30-40 МПа Г) 0,1-0,2 МПа
6. Что влияет на мощностные показатели топлива?	А) химическое строение Б) фракционный состав В) теплота сгорания Г) испаряемость
7. Как оценивают октановое число бензина?	А) по теплоте горения Б) на моторном стенде В) путем перегонки Г) по плотности
8. Какую плотность имеют автомобильные бензины?	А) 900-1000кг/м ³ Б) 600-700кг/м ³ В) 830-860кг/м ³ Г) 730-760кг/м ³
9. От чего могут забиваться жиклеры в карбюраторном двигателе?	А) низкое октановое число бензина Б) высокое содержание ароматических углеводородов В) наличие смол в бензине Г) высокая плотность топлива
10. Чем отличается зимнее и летнее диз.топливо?	А) вязкостью Б) цетановым числом В) температурой самовоспламенения Г) иодным числом

Вариант №6

1.	Что можно добавить к дизельному топливу, чтобы повысить цетановое число?	А) спирты Б) ароматические углеводороды В) тетраэтилсвинец Г) н. парафины
2.	Как влияет присутствие сернистых веществ на качество дизельного топлива?	А) снижает цетановое число Б) понижает температуру горения В) повышает коррозионность Г) повышает температуру вспышки
3.	Что означает буква «и» в марке бензина?	А) импортные присадки Б) бензин получен искусственным способом В) октановое число найдено исследованием химического состава Г) октановое число найдено в исследовательском режиме по моторной установке
4.	Какие углеводороды имеют наиболее низкие октановые числа?	А) изопарафины Б) циклопарафины В) нормальные парафины Г) ароматические
5.	Какие свойства диз. топлива характеризует цетановое число?	А) прокачиваемость Б) испаряемость В) температуру вспышки Г) самовоспламеняемость
6.	Что характеризует давление насыщенных паров бензина?	А) прокачиваемость Б) испаряемость В) взрываемость Г) воспламеняемость
7.	Что влияет на мощностные показатели топлива?	А) химическое строение Б) фракционный состав В) теплота сгорания Г) испаряемость
8.	Что означает цифра в марке бензина (А-76, Аи-95)	А) температуру вспышки Б) содержание легких углеводородов В) октановое число Г) содержание изооктана в бензине
9.	От чего зависит температура вспышки топлива?	А) наличия смол Б) химического строения углеводородов В) наличие легкокипящих веществ Г) наличие ненасыщенных углеводородов
10.	От чего зависит подача, прока-	А) химического состава

сгораемость дизельного топлива?	Б) фракционного состава В) вязкости Г) содержания ненасыщенных соединений
--	--

Вариант №7

1.	Какую плотность имеет автомобильный бензин?	А) 900-1000 кг/м ³ Б) 600-700 кг/м ³ В) 830- 860 кг/м ³ Г) 730-750 кг/м ³
2.	Что характеризует октановое число бензина ?	А) испаряемость Б) теплоту сгорания В) антидетонационные свойства Г) карбюраторные свойства
3.	Какой показатель оценивает стабильность дизельного топлива при хранении?	А) индукционный период Б) фракционный состав В) иодное число Г) цетановое число
4.	От чего зависит температура самовоспламенения дизельного топлива?	А) наличия смол Б) содержания легких углеводов В) химического строения углеводородов Г) содержания сернистых соединений
5.	Что характеризует индукционный период бензина?	А) испаряемость Б) стабильность В) воспламеняемость Г) коррозионность
6.	В каких температурных пределах выкипает бензин?	А) 80-150°С Б) 40-200°С В) 30-100°С Г) 100-180°С
7.	Какие свойства бензина обеспечивают легкий запуск двигателя?	А) октановое число Б) температура перегонки 90% В) химический состав Г) температура перегонки 10%
8.	Какой прибор необходим для оценки фракционного состава бензина?	А) ареометр Б) бомба Рейда В) моторный стенд Г) перегонная установка
9.	Как оценивают цетановое число диз. топлива?	А) по температуре вспышки Б) по фракционному составу В) на моторном стенде Г) по теплоте сгорания
10.	Какой углеводород имеет самое низкое цетановое число?	А) α-метил нафталин Б) изооктан В) нормальный гептан Г) цетан

Вариант №8

1.	Что характеризует индукционный период бензина?	А) испаряемость Б) стабильность В) воспламеняемость Г) коррозионность
2.	Что определяет величину октанового числа бензина?	А) плотность Б) химическое строение В) температура вспышки Г) фракционный состав
3.	От чего зависит теплота сгорания топлива?	А) от химического строения Б) от наличия легких углеводородов В) от % содержания углерода, водорода Г) от фракционного состава
4.	Под каким исходным давлением находится в баллонах газ метан?	А) 2 атмосферы (0.2 МПа) Б) 50 атмосферы (5 МПа) В) 200 атмосферы (20 МПа) Г) 100 атмосфер (10 МПа)
5.	Как оценивают испаряемость бензина?	А) по плотности Б) по химическому составу В) по фракционному составу Г) по октановому числу
6.	Какие эксплуатационные свойства бензина выражает температура перегонки 50% (t_{50})?	А) воспламеняемость Б) приемистость В) мощность Г) запуск двигателя
7.	В каких температурных пределах выкипает дизельное топливо?	А) 200-250 Б) 100-200 В) 180-360 Г) 50-150
8.	Что определяет мощностные показатели топлива?	А) плотность, Б) испаряемость, В) химическая структура Г) теплота сгорания
9.	Какой прибор необходим для оценки фракционного состава бензина?	А) ареометр Б) бомба Рейда В) моторный стенд Г) перегонная установка
10.	Что определяет величину октанового числа бензина?	А) плотность Б) химическое строение В) температура вспышки Г) фракционный состав

ФИО _____

№ группы _____

№ варианта _____

Ответы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А										
Б										
В										
Г										

Список литературы

1. Фукс И.Г., Спиркин В.Г., Шабалина Т.И. Основы химмотологии. – М.: ГГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2004, 280 с.
2. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. - М.: «Академический Проект», 2004, 400 с.
3. Обельницкий А.М. и др. Топлива, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. - М.: ИПО «Полигран», 1997, 272 с.
4. Павлов В.П., Заскалько П.П. Автомобильные эксплуатационные материалы. -М.: «Транспорт», 1982, 208 с.
5. Данилов А.М. Введение в химмотологию. - М.: «Техника», 2003, 255 с.
6. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости. Краткий справочник. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2003, 176 с.
7. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. - М.: «Машиностроение», 1985, 200 с.
8. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология. - М.: «Химия», 1986, 386 с.
9. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Юсковец Н.Д. Автомобильные эксплуатационные материалы. - СПб.: «Гидрометеиздат», 1998, 223 с.
10. Гнатченко И.И. и др. Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочное пособие. - М.: «АСТ», СПб.: «Полигон», 2000, 360 с.
11. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник/ И.Г. Анисимов, К.М.Бадыштова, С.А.Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьников, - М.: Издательский центр «Техинформ», 1999, 596 с.
12. Мотовилин Г.В., Масино М.А., Суворов О.М. Автомобильные материалы: Справочник. – М.: «Транспорт», 1989, 464 с.
13. Манусаджянц О.И., Смаль Ф.В. Автомобильные эксплуатационные материалы. - М.: «Транспорт», 1989, 271 с.
14. Экспериментальное определение характеристик эксплуатационных материалов. Методические указания для выполнения лабораторных работ. Составители: Н.А.Кудрявцева, С.В.Крашенинников – Самара: СГАУ, 2005, 19 с.
15. Состав и основные свойства моторных топлив и масел, применяемых в ДВС. Методические указания для проведения лабораторных и практических занятий по дисциплине «Химмотология». Составители: Н.А.Кудрявцева, С.В.Крашенинников - Самара: СГАУ, 2006, 19 с.